Traumatologie du sport

Rééducation des lésions ligamentaires du genou chez le sportif

Y. CHATRENET
K. KERKOUR

MASSON

Rééducation des lésions ligamentaires du genou chez le sportif

CHEZ LE MÊME ÉDITEUR

TRAUMATOLOGIE DU SPORT, par R.G. DANOWSKI, J.-Cl. CHANUSSOT. *Collection Abrégés de médecine.* 1995, 368 pages, 299 figures, 43 tableaux.

MÉDECINE DU SPORT, par E. BRUNET-GUEDJ, B. MOYEN, J. GÉNÉTY. *Collection Abrégés de médecine.* 1995, 5e édition revue et corrigée, 424 pages, 3 figures.

LA PLONGÉE EN APNÉE : PHYSIOLOGIE ET MÉDECINE, par J.-H. CORRIOL. 1995, 2e tirage, 160 pages, 58 figures.

BIOLOGIE ET PRATIQUE SPORTIVE, par H. LAMENDIN, D. COURTEIX. *Collection Abrégés de médecine.* 1995, 144 pages, 21 figures.

MÉDECINE DU SPORT POUR LE PRATICIEN, coordonné par H. MONOD, R. AMORETTI, J. RODINEAU. *Collection Pour le Praticien.* 1994, 432 pages, 253 figures, 30 tableaux.

PHYSIOLOGIE DU SPORT. BASES PHYSIOLOGIQUES DES ACTIVITÉS PHYSIQUES ET SPORTIVES, par H. MONOD, R. FLANDROIS. *Collection Abrégés de médecine.* 1994, 3e édition revue et augmentée, 3e tirage, 248 pages, 98 figures.

BIOCHIMIE ET NUTRITION DES ACTIVITÉS PHYSIQUES ET SPORTIVES.

1. LE MÉTABOLISME ÉNERGÉTIQUE, par P. PILARDEAU. *Collection Abrégés de médecine.* 1995, 416 pages, 111 figures, 200 tableaux.

2. EAU ET ÉLECTROLYTES, VITAMINES ET OLIGOÉLÉMENTS; EFFETS DE L'EXERCICE SUR LE MÉTABOLISME, par P. PILARDEAU. *Collection Abrégés de médecine.* 1995, 584 pages, 159 figures, 155 tableaux.

ABRÉGÉS

TRAUMATOLOGIE DU SPORT

Sous la direction de R. DANOWSKI et J.-Cl. CHANUSSOT

Rééducation des lésions ligamentaires du genou chez le sportif

Y. CHATRENET
K. KERKOUR

avec la collaboration de

J.-Y. BOUCHET
A. CHERUBINI-TOTTOLI
P. NICOUD

Préfaces du Pr J.-H. JAEGER
et de D. FRITSCHY

MASSON

Paris Milan Barcelone



ISBN : 2-225-85115-8

MASSON S.A. - 120, bd Saint-Germain, 75280 Paris Cedex 06

PRÉFACE

Rééducation des lésions ligamentaires du genou chez le sportif, *ouvrage rédigé par Y. CHATRENET et K. KERKOUR constitue une mise au point remarquable pour tous ceux qui approchent la pathologie ligamentaire du genou.*

L'immobilisation presque systématique des lésions ligamentaires opérées ou non opérées a fait place depuis plus de 10 ans à une mobilisation immédiate ou précoce de l'articulation traumatisée. Cette évolution ou plutôt cette révolution au bénéfice du blessé ligamentaire n'a pu se faire que sur la base de données rationnelles confortées par l'expérience et par une parfaite collaboration rééducateur-chirurgien.

Y. CHATRENET et K. KERKOUR ont participé sans aucun doute à cette révolution et les thérapeutes et futurs lecteurs de l'ouvrage que j'ai l'honneur de préfacer leur seront sûrement reconnaissants d'avoir su faire partager leur savoir.

Savoir et faire-savoir des uns contribuent au savoir-faire des autres.

Professeur Jean-Henri JAEGER

PRÉFACE

Des progrès considérables ont été réalisés ces dernières années dans tous les domaines de la pathologie ligamentaire du genou :
– l'examen clinique avec la description du signe de Lachman et du ressaut antéro-externe ou pivot shift;
– les techniques chirurgicales respectant l'anatomo-isométrie et faisant appel à des transplants autologues très solides comme le tendon rotulien, le tendon quadricipital ou les tendons de la patte d'oie;
– l'avènement d'une rééducation fonctionnelle précoce développée par l'expérience commune des chirurgiens et des rééducateurs.

Y. CHATRENET et K. KERKOUR ont réalisé un tour d'horizon très complet dans cet ouvrage consacré à la rééducation des lésions ligamentaires du genou chez le sportif. La description de différentes lésions facilite la compréhension des techniques de récupération articulaire et musculaire. L'apport récent des appareils isocinétiques et de l'électrostimulation neuromusculaire est clairement exposé. Le chapitre consacré aux complications survenant après la chirurgie ou lors de la rééducation permettra au lecteur de saisir l'importance de la collaboration entre le chirurgien et le rééducateur. La réussite d'une plastie ligamentaire du genou chez le sportif dépend non seulement de l'habileté du chirurgien mais aussi de la maîtrise du rééducateur.

Daniel FRITSCHY

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION

Rééduquer un sportif dans les suites d'une entorse grave du genou suppose à la fois la connaissance des principes fondamentaux de la rééducation ligamentaire, dont fait l'objet cet ouvrage, ainsi que la connaissance des principes pathologiques et thérapeutiques largement exposés dans les ouvrages de médecine et chirurgie sportives.

Les chirurgiens s'accordent généralement à dire que la rééducation prend une part équivalente à l'acte chirurgical dans le résultat fonctionnel final. Nous ne saurions nous flatter d'une telle reconnaissance sans assumer la part de responsabilité tout aussi importante d'une rééducation mal conduite sur les mauvais résultats.

Outre la technicité des gestes, il est nécessaire de souligner le rôle psychologique que joue quotidiennement le rééducateur face au sportif, inquiet de l'altération de son potentiel physique.

Ainsi la compétence et les connaissances de chacun, la qualité des relations et de la communication entre tous les acteurs médicaux, et avec le patient, bénéficient largement à une récupération de qualité optimale.

Le rééducateur néophyte, toujours avide de protocoles de rééducation dans les suites opératoires, doit comprendre que seuls des principes fondamentaux doivent le diriger dans cette rééducation et son évolution. La gravité lésionnelle, le bilan lésionnel initial précis intégrant les lésions articulaires et ménisco-ligamentaires complémentaires, l'état inflammatoire, l'âge, la coopération et la compréhension du patient, le sport pratiqué, le niveau et l'intensité de cette pratique, l'échéance des compétitions sont autant de critères réduisant les protocoles, aux fondements quelquefois fragiles, à une standardisation sans relation avec la rééducation du patient.

D'une façon générale, la stratégie et la qualité opératoire ont largement et favorablement évolué au cours de la dernière décennie et font l'objet à l'heure actuelle d'une première évaluation de cette ère moderne de la chirurgie ligamentaire du genou.

La rééducation ne saurait, quant à elle, se satisfaire d'un archaïsme de bases et de techniques creusant le fossé entre la technicité de la chirurgie et celle de la rééducation. Ainsi, les connaissances cliniques, physiopathologiques et chirurgicales des rééducateurs peuvent leur permettre de déterminer l'indication précise des techniques rééducatives et conduire le calendrier de réadaptation et de reprise des activités sportives en étroite collaboration avec le chirurgien.

Dans la chirurgie ligamentaire du genou, celle du ligament croisé antérieur (LCA) prend une part prépondérante si on se réfère au nombre de publications. La fréquence de sa lésion liée au développement de la pratique sportive et à l'évolution de certains sports ainsi qu'une sémiologie clinique mieux maîtrisée (recherche du signe de Lachman et ressauts rotatoires) expliquent certainement cette prépondérance.

De ce fait, la rééducation a davantage mobilisé les auteurs et a certainement progressé plus rapidement. La meilleure connaissance de la physiologie du genou, indissociable du LCA, bénéficie néanmoins à la rééducation des autres lésions ligamentaires.

1 LES LIGAMENTS DU GENOU

L'environnement ligamentaire du genou est illustré sur la figure 1-1.

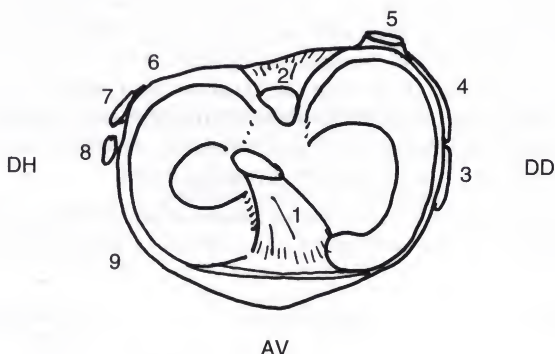


Fig. 1-1. 1 : LCA ligament croisé antérieur. 2 : LCP ligament croisé postérieur. 3 : LCM ligament collatéral médial. 4 : LPO ligament postérieur oblique. 5 : structures postéro-médiales avec terminaison du semi-membraneux. 6 : structures postéro-latérales avec le complexe arqué. 7 : tendon poplité. 8 : LCL ligament collatéral latéral. 9 : ligament fémoro-tibial antéro-latéral.

Les principales caractéristiques biométriques, biomécaniques et vasculaires du LCA, LCP (ligament croisé postérieur), LCM (ligament collatéral médial ou LLI ligament latéral interne) et LCL (ligament collatéral latéral ou LLE ligament latéral externe) sont respectivement rapportées dans les tableaux 1-I, 1-II et 1-III (F. Bonnel et coll. [2]).

Concernant les transplants, et plus particulièrement ceux du LCA, leur reprise de solidité progressive conditionne entièrement le programme de rééducation et réadaptation avec la planification des délais de reprise des activités physiques et sportives.

On retient que si le jour de la transplantation le prélèvement présente une certaine résistance (maximale pour un prélèvement os-tendon patellaire-os avec 160 % de la valeur du LCA) [6], celle-ci va immédiatement chuter avec la nécrose ischémique (15 % à 6 semaines). Ensuite vont se succéder

une phase de revascularisation progressive de la greffe puis la repopulation cellulaire, l'alignement des fibres de collagène pour redonner après un an des caractéristiques histologiques proches de celles du LCA [1]. Les études biomécaniques du néoligament montrent alors une récupération partielle de la valeur du LCA [3].

Mais on ne saurait être qu'extrêmement prudent quant à l'application de ces résultats aux délais de reprise d'activités physiques. Leur grande disparité suivant les auteurs, leur variation par exemple selon l'orientation des forces de traction, les avertissements de certains auteurs à l'égard du transferts des résultats des études animales à l'être humain [5, 7] sont autant de mises en garde pour considérer ces résultats comme des dogmes de rééducation. L'expérience de certaines écoles chirurgicales sur la reprise des activités sportives en anticipation des délais fixés par l'expérimentation biomécanique animale est également un élément de réflexion. Aussi les notions de placement, de fixation, de tension de la greffe, de renfort synthétique, de pédiculisation, d'immobilisation postopératoire et de programme de rééducation sont autant de facteurs pouvant plus ou moins influencer la reconstruction du néoligament.

L'examen clinique et l'étude biomécanique détaillée de la pathologie ligamentaire du genou ne sont pas l'objet de cet ouvrage. Les rééducateurs

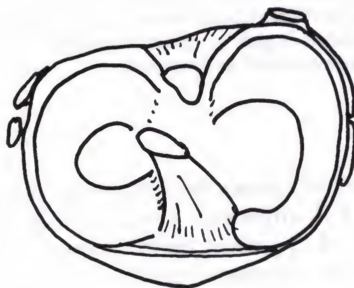


Fig. 1-2. *Corrélation anatomique synoptique des principaux tests ligamentaires passifs* (inspiré de G. Liorzou). Les tests sont inscrits en regard des structures anatomiques principalement testées.

spécialisés dans cette pathologie doivent néanmoins maîtriser ce domaine de connaissance afin de mieux gérer les gestes de rééducation et leurs indications. La figure 1-2 et le tableau 1-IV rapportent les corrélations des différents examens cliniques avec les structures anatomiques testées (G. Liorzou [4]).

Pour mieux comprendre le contexte exact de la rééducation ligamentaire du genou, il est nécessaire de savoir que le patient nous est souvent adressé après une intervention portant sur le principal voire les deux principaux éléments lésés. Or l'étude des structures ligamentaires successivement mises en tension lors des mécanismes traumatiques fait apparaître une cascade de freins primaires et secondaires pour chacun des mouvements, les freins secondaires ne pouvant en principe être lésés sans atteinte du frein primaire. Il existe ainsi des barrières de défenses

Tableau 1-I. *Caractéristiques biométriques, biomécaniques et vasculaires du LCA* (d'après F. Bonnel et coll., Masson, 1984)

<table>
<tr><th colspan="5">Caractéristiques biométriques</th></tr>
<tr><td colspan="2">Longueur
(moy. en cm)</td><td colspan="2">Long. min. :
1,85</td><td>Long. max. :
3,35</td></tr>
<tr><td>Calibre (mm)</td><td>1/3 sup. : 7,9</td><td colspan="2">1/3 moy. : 7,7</td><td>1/3 inf. : 8,3</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">Surf. d'insertion (cm²)</td><td></td><td>Condyle</td><td>Tibia</td></tr>
<tr><td>Osseuse</td><td>0,215</td><td>0,25</td></tr>
<tr><td>Périostée</td><td>1,85</td><td>2,25</td></tr>
<tr><th colspan="5">Caractéristiques biomécaniques</th></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td>En extension</td><td>En flexion 20°</td></tr>
<tr><td colspan="3">Force max. de rupture (kg)</td><td>77</td><td>50</td></tr>
<tr><td colspan="3">Force de résistance élastique (kg)</td><td>66</td><td>46</td></tr>
<tr><td colspan="3">Allongement max. (%)</td><td>29</td><td>32</td></tr>
<tr><td colspan="3">Allongement élastique (%)</td><td>21</td><td>23</td></tr>
<tr><td colspan="5">NB : ces résultats varient en fonction de l'angle de rotation du genou et de la vitesse de traction.
En flexion, rotation interne, la résistance du LCA à la rupture et sa résistance élastique sont augmentées.</td></tr>
<tr><th colspan="5">Vascularisation</th></tr>
<tr><td colspan="5">Le LCA est irrigué par des collatérales de l'artère articulaire moyenne, issue elle-même de l'artère poplitée.</td></tr>
</table>

successives et non simultanées. Les freins secondaires peuvent être détériorés dans un temps ultérieur en présence d'une lésion à l'état chronique du frein primaire.

La réparation ou l'identification lésionnelle porte souvent uniquement sur un seul élément anatomique. Le rééducateur se trouve confronté à un contexte lésionnel plus étendu demandant une approche différente de celle d'une lésion unique du frein primaire, d'où l'importance de lui communiquer l'examen ligamentaire préopératoire sous anesthésie. Le tableau 1-IV précise les freins primaires et secondaires relatifs à l'examen clinique (F. Noyes [4]).

Tableau 1-II. *Caractéristiques biométriques, biomécaniques et vasculaires du LCP* (d'après F. Bonnel et coll., Masson, 1984)

<table>
<tr><th colspan="4">Caractéristiques biométriques</th></tr>
<tr><td colspan="2">Longueur
(moy. en cm)</td><td>Long. min. :
2,02</td><td>Long. max. :
3,6</td></tr>
<tr><td>Calibre (mm)</td><td>1/3 sup. : 10,6</td><td>1/3 moy. : 9,9</td><td>1/3 inf. : 10,7</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">Surf. d'insertion (cm²)</td><td></td><td>Condyle</td><td>Tibia</td></tr>
<tr><td>Osseuse</td><td>0,5</td><td>0,46</td></tr>
<tr><td>Périostée</td><td>1,88</td><td>1,55</td></tr>
<tr><th colspan="4">Caractéristiques biomécaniques</th></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>En extension</td><td>En flexion</td></tr>
<tr><td colspan="2">Force max. de rupture (kg)</td><td>53,6</td><td>63</td></tr>
<tr><td colspan="2">Force de résistance élastique (kg)</td><td>46</td><td>52</td></tr>
<tr><td colspan="2">Allongement max. (%)</td><td>27,2</td><td>31</td></tr>
<tr><td colspan="2">Allongement élastique (%)</td><td>20,6</td><td>21,3</td></tr>
<tr><td colspan="4">NB : ces résultats varient en fonction de l'angle de rotation du genou et de la vitesse de traction.
C'est en flexion, rotation externe que la force de rupture du LCP est la plus importante.</td></tr>
<tr><th colspan="4">Vascularisation</th></tr>
<tr><td colspan="4">Le LCP est irrigué par des collatérales de l'artère articulaire moyenne et des vaisseaux capsulaires issus soit de l'artère poplitée, soit des artères inférieures.</td></tr>
</table>

Tableau 1-III. *Caractéristiques biomécaniques et vasculaires du LCM et du LCL* (d'après F. Bonnel et coll., Masson, 1984)

Le ligament collatéral médial *Caractéristiques biomécaniques*
– Force max. de rupture : 57,8 kg. – Force de résistance élastique : 54,2 kg. – Allongement max. : 12,5 %. – Allongement élastique : 11 %.
Vascularisation
Le faisceau profond est vascularisé, pour sa partie proximale, par l'artère articulaire supéro-interne, pour sa partie moyenne par les vaisseaux capsulaires internes et pour sa partie distale par l'artère articulaire inféro-interne. Le faisceau superficiel, quant à lui, est vascularisé par des collatérales des artères articulaires inféro- et supéro-interne.
Le ligament collatéral latéral *Caractéristiques biomécaniques*
– Force maximale de rupture : 41,5 kg. – Force de résistance élastique : 33,5 kg. – Allongement maximal : 19 % soit 11,3 mm. – Allongement élastique : 11,3 % soit 6,8 mm. *NB :* les résistances maximales et élastiques sont augmentées lorsque le test est réalisé à vitesse rapide.
Vascularisation
Le ligament collatéral latéral est vascularisé par les deux artères articulaires externes supérieures et inférieures.

Tableau 1-IV. *Les tests cliniques et les lésions correspondantes des freins primaires et secondaires* (d'après Noyes)

Tests de laxité	**Frein primaire**			**Flexion**	**Frein secondaire**		
	Interne	*Central*	*Externe*		*Interne*	*Central*	*Externe*
Tiroir antérieur direct (Palmer, Lachman, Finochietto)		LCA		20°/90°	LCM + MM		SAL
Tiroir rotatoire antéro-externe (Tibia en rotation interne)		LCA		20°/90°			LCL + SPL ML
Tiroir rotatoire antéro-interne (Tibia en rotation externe) (Slocum)	LCM + MM			20°/90°	SPM	LCA	
Tiroir en flexion rotation (Noyes) ressaut condylien externe (MacIntosh)		LCA		15°	MM + LCM + SPM		SAL + LCL
Tiroir postérieur direct		LCP		20°/90°	SPM + LCM		LCL + SPL
Tiroir rotatoire postéro-externe (Hughston)		LCP	LCL + LCP *id.*	30° 90°		LCP	
Tiroir postéro-interne	LCM + SPM LCM + LPO	LCP		20° 90°		LCA + LCP LCA	
Valgus	LCM + SPM LCM		OS OS	5° 20°	SPM	LCP + LCA LCP	
Varus			LCL + SPL LCL	5° 20°		LCA + LCP LCA	SPL

Tableau 1-IV. (suite) *Les tests cliniques et les lésions correspondantes des freins primaires et secondaires* (d'après Noyes)

Tests de laxité	**Frein primaire**			**Flexion**	**Frein secondaire**		
	Interne	*Central*	*Externe*		*Interne*	*Central*	*Externe*
Rotation externe	SPL + LCM LCM + MM	LCP	LCL + SPL LCL + SPL	30° 90°	MM SPM	LCP	
Rotation interne	LCM + SPM LCM + LPO	LCA LCA + LCP	SAL SAL	20° 90°		LCP	LCL LCL

SAL : Structures antéro-latérales : bandelette ilio-tibiale + 1/3 antérieur et moyen de capsule. SPL : Structures postéro-latérales : poplité et capsule postéro-latérale. SPM : Structures postéro-médiales : ligament postérieur oblique + capsule postéro-médiale. MM : Ménisque médial. LPO : Ligament postérieur oblique. LCM : Ligament collatéral médial. LCL : Ligament collatéral. MM : Ménisque médial.

BIBLIOGRAPHIE

[1] AMIEL D., KUIPER S. — Experimental studies on anterior cruciate ligaments grafts. Histology and biochemistry. *In : Knee ligaments.* Raven Press, New York, 1990.

[2] BONNEL F., JEAGER J.H., MANSAT C. — *Les laxites chroniques du genou.* Masson, Paris, 1984.

[3] FAYARD P., CHAMBAT P., DEJOUR H. — Étude expérimentale chez le chien. Remplacement du ligament croisé antérieur par un transplant libre du tendon rotulien. *Rev. Chir. Orthop.*, 1982, *68*, suppl. II, 93-96.

[4] LIORZOU G. — *Le genou ligamentaire. Examen clinique.* Springer-Verlag France, Paris, 1991.

[5] NEWTON P.O., HORIBE S., WOO S.L.Y. — *Experimental studies on anterior cruciate ligament autografts and allografts in knee ligaments.* Raven Press, New York, 1990.

[6] NOYES F. *et al.* — Biomechanical analysis of human ligament grafts used in knee ligament repairs and reconstructions. *JBJS*, 1984, *66*A, 3, 344-352.

[7] WOO S.L.Y., ADAMS D.J. — *The tensile properties of human anterior cruciate ligament (ACL) and ACL graft tissues in knee ligaments.* Raven Press, New York, 1990.

2

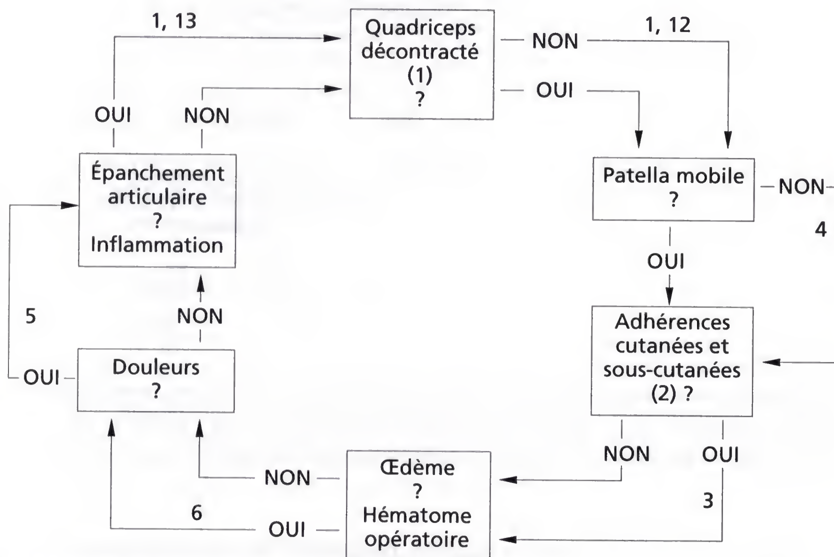
TECHNIQUES DE RÉCUPÉRATION ARTICULAIRE

Introduction

La récupération des amplitudes articulaires du genou doit aboutir à la liberté totale des micromouvements permettant un fonctionnement articulaire débridé et indolore. Elle constitue le temps fort et la préoccupation première de la rééducation des lésions ligamentaires du genou.

Le choix parmi les techniques multiples décrites ici de façon non exhaustive, repose sur l'identification des mécanismes restrictifs d'amplitude, mettant en valeur l'évaluation, afin d'augmenter l'efficacité et la pertinence d'application des techniques (tableaux 2-I et 2-II).

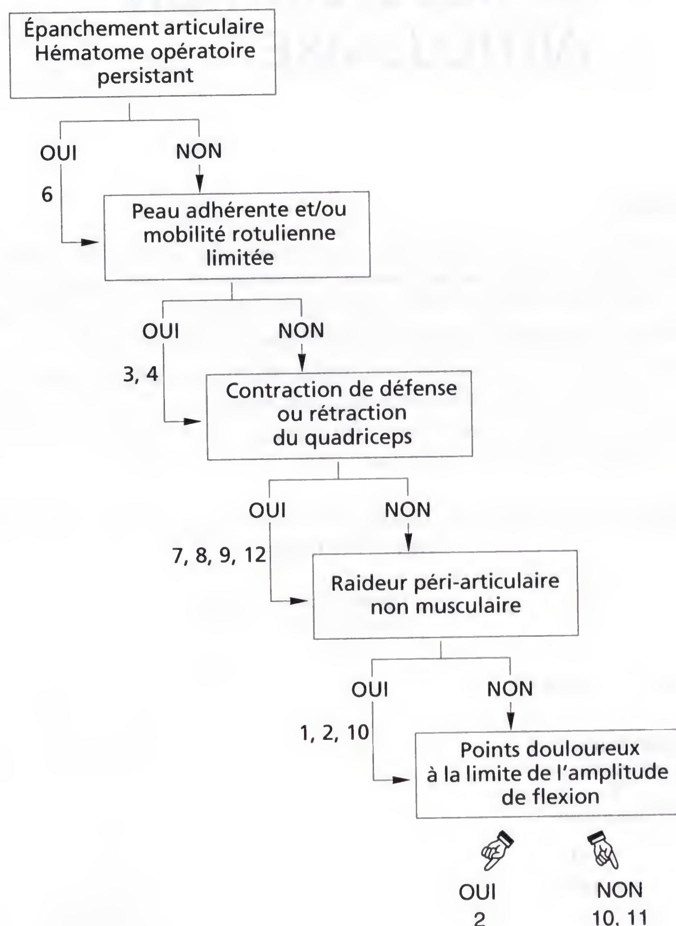
Tableau 2-I. *Techniques de récupération articulaire jusqu'à l'ablation des fils cutanés*



(1) A l'amplitude maximale de flexion disponible. (2) En dehors du pansement.

1 : flexion active. 2 : mobilisations spécifiques. 3 : décollement manuel cutané. 4 : mobilisation de rotule. 5 : électrothérapie antalgique. 6 : drainage lymphatique. 7 : contracté-relâché. 8 : étirement musculaire. 9 : balnéothérapie. 10 : assistance mécanique de rodage. 11 : auto-postures. 12 : massage décontractant et prise de conscience du relâchement quadricipital. 13 : repos.

Tableau 2-II. *Techniques de récupération articulaire au-delà de l'ablation des fils cutanés*



1 : flexion active. 2 : mobilisations spécifiques. 3 : décollement manuel cutané. 4 : mobilisation de rotule. 5 : électrothérapie antalgique. 6 : drainage lymphatique. 7 : contracté-relâché. 8 : étirement musculaire. 9 : balnéothérapie. 10 : assistance mécanique de rodage. 11 : auto-postures. 12 : massage décontractant et prise de conscience du relâchement quadricipital. 13 : repos.

Cette capacité d'évaluation doit être permanente et constamment réactualisée pour s'adapter à l'évolution du patient qui ne répond que rarement à des principes généraux et uniformes.

Les techniques décrites concernent la récupération des amplitudes de flexion et d'extension, intégrant les problèmes rotatoires et les articula-

tions fémoro-patellaires et tibio-fibulaires dont l'interaction retentit sur les mouvements de flexion ou d'extension. Les principes généraux de la récupération articulaire selon les lésions ligamentaires complètent cette description.

DESCRIPTION DES TECHNIQUES

Flexion

Flexion active

Le patient assis en bord de table, pied pendant ou soutenu par le rééducateur, tire le pied en arrière sous la table à l'aide uniquement des fléchisseurs du genou. Cet exercice trouve son indication jusqu'à 120° maximum.

En séance de rééducation, le kinésithérapeute stimule la flexion par une légère pression exercée à la face postérieure de la cheville. L'exercice peut être pratiqué de manière activo-passive en asseyant le patient sur un ballon de rééducation à diamètre variable pour régler l'angulation de flexion.

Pratiquée en dehors des séances, la flexion active constitue un des exercices de base du travail de récupération active à domicile. Elle peut être également pratiquée assis sur un tabouret, le pied reposant sur une planche à roulettes. Le pied peut être posé sur la planche selon un degré rotatoire déterminé en fonction des résultats de l'examen cinésiologique (la rotation interne ou externe favorisant alors la flexion).

Ces exercices permettent également une contraction musculaire précoce et favorable des fléchisseurs du genou avec un relâchement du quadriceps par inhibition réciproque.

Mobilisations spécifiques de l'articulation fémoro-tibiale

La mobilisation des surfaces concave et plane des plateaux tibiaux sur les surfaces convexes des condyles fémoraux ajoute, biomécaniquement et physiologiquement, au mouvement de flexion un glissement postérieur du tibia. Toute hypo-extensibilité postopératoire ou liée à un défaut de mobilité des plans antérieurs et collatéraux du genou les uns par rapport aux autres, limite de façon sensible le glissement postérieur et, de ce fait, la flexion du genou.

La protection du transplant du LCA nécessite également une composante manuelle de même direction que le glissement physiologique. Par contre, la protection d'un transplant du LCP demande plus de doigté pour restituer un glissement postérieur physiologique sans induire de tiroir postérieur agressif pour le transplant.

La variété des profils condyliens conditionne le jeu de glissement des deux articulations fémoro-tibiales pour chaque individu. C'est pourquoi une liberté rotatoire relative est nécessaire à l'harmonie cinésiologique des deux articulations fémoro-tibiales l'une par rapport à l'autre. Une adhérence périphérique médiale ou latérale, antéro-médiale ou antéro-latérale peut être responsable d'une telle anomalie cinésiologique.

On retiendra donc la nécessité de redonner, par des mobilisations spécifiques, la souplesse capsulo-ligamentaire périphérique nécessaire à la restitution de la flexion du genou.

Les mobilisations rotatoires sont pratiquées sur un genou placé en position de flexion submaximale disponible (fig. 2-1). Les manœuvres de glissement postérieur du tibia sont pratiquées avec un même positionnement des mains, mais en imprimant un mouvement de glissement postérieur, plus ou moins marqué sur chacune des tubérosités tibiales suivant la composante rotatoire supplémentaire que l'on veut introduire.

L'appréciation subjective manuelle de ces différentes composantes lors de la flexion normale du genou sain peut être « lue » sur l'autre genou placé à la même angulation de flexion. Nous nommons cette analyse : *lecture cinésiologique du genou*.

Ces mobilisations spécifiques manuelles correspondent à des prises proximales du tibia effectuées sur un patient assis au bord de la table ou allongé

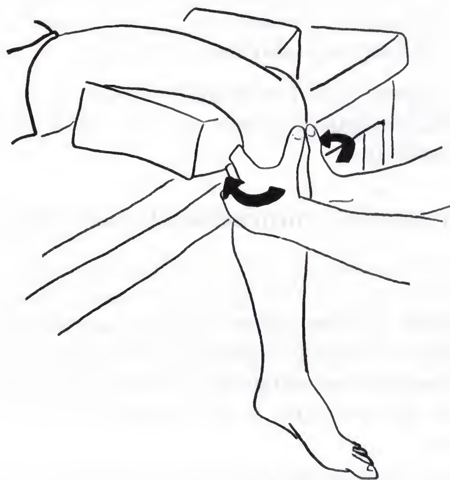


FIG. 2-1. *Mobilisation manuelle rotatoire*. Les deux mains du rééducateur empaument les tubérosités tibiales médiale et latérale, les pouces placés en avant parallèlement à la crête tibiale, chevauchent l'interligne pour apprécier et contrôler la rotation.

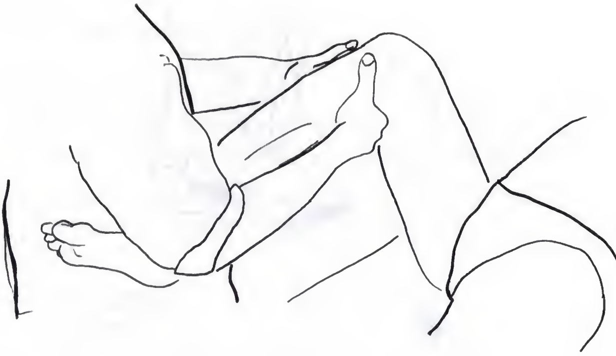


FIG. **2-2.** *Mobilisation spécifique en flexion.* En position de décubitus dorsal, le pied est coincé contre le tronc du rééducateur par une adduction du bras.

en décubitus dorsal, hanche et genou fléchis (fig. 2-2). La position décubitus ventral est inadaptée.

Ces manœuvres, très utilisées dans la rééducation articulaire de la flexion du genou, correspondent à des indications très précises en présence de zone douloureuses localisées (*cf.* chapitre « Complications »).

La manœuvre de glissement postérieur peut accompagner la mobilisation des degrés extrêmes de flexion par mobilisation active en flexion dorsale du pied, talon bien ancré sur la table. La mobilisation est réalisée par levier interrésistant du pied (deuxième genre) (fig. 2-3) [10].

Une décompression articulaire fémoro-tibiale peut accompagner ces mobilisations spécifiques en présence de souffrance cartilagineuse ou de cicatrisation méniscale. Elle est réalisée manuellement par traction du tibia ou plus efficacement par l'intermédiaire d'une poignée fixée à une chevillère (fig. 2-4).

La mobilisation spécifique peut aussi être pratiquée sur l'articulation tibio-fibulaire proximale (péronéo-tibiale supérieure) en respectant la variété des surfaces articulaires rencontrées [7]. Cette indication sera posée de façon plus précise à propos des mécanismes de tension du biceps ou des atteintes du point d'angle postéro-externe (PAPE).

Massage cutané et sous-cutané

Les manœuvres pratiquées tendent à combattre de manière préventive sinon curative les adhérences formées par l'immobilisation et surtout le geste chirurgical. Elles ont pour but de restituer la mobilité des différents



FIG. **2-3.** *Mobilisation activo-passive en flexion par levier interappui du talon.* Le genou est placé dans son amplitude maximale de flexion. Le rééducateur imprime une forte composante de glissement par pression des mains placées sur la face antérieure des extrémités distale de la cuisse et proximale de la jambe pendant que le patient exerce une flexion dorsale du pied.

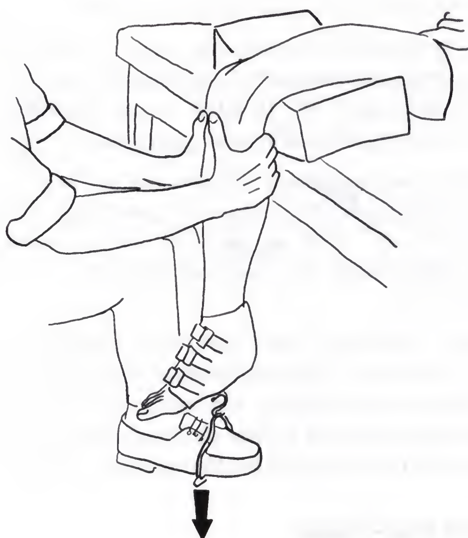


FIG. **2-4.** *Mobilisation en décompression articulaire.* Le rééducateur conserve la liberté manuelle pour la décision de la mobilisation et décomprime l'interligne articulaire par une traction exercée par son pied dans la poignée.

plans de glissement et la laxité tissulaire cutanée avec le bénéfice vasculaire et mécanique qui en découle.

Ces manœuvres sont des techniques de frictions tangentielles avec une solidarisation de la pulpe du pouce et de l'index du rééducateur avec le tissu cutané, les doigts imprimant des mouvements de traction et de rotation pour restituer la mobilité par rapport au plan sous-cutané.

Des manœuvres de pétrissage superficiel à type de palpé-roulé accompagné d'une torsion reptatoire du pli permettent une levée des fibroses cicatricielles.

Enfin, le massage transversal profond (MTP) par une friction perpendiculaire aux épaississements capsulaires et aux ligaments superficiels, restituant leur mobilité par rapport aux éléments sous-jacents, peut favoriser le gain d'amplitude et procurer également un effet antalgique secondaire.

Les cicatrices cutanées feront l'objet d'une attention particulière lors de ces techniques de restitution de la mobilité cutanée.

La cicatrisation cutanée, altérée par la mobilisation articulaire mettant en divergence les berges de la cicatrice, peut être protégée par des adhésifs pendant le premier mois postopératoire si besoin.

La protection de la cicatrice aux expositions du soleil (effets de photosensibilisation) est conseillée pour une durée minimale de 6 mois.

Mobilisation de la patella (rotule)

Pratiquée de manière classique elle s'effectue selon des mouvements d'élévation mettant en tension l'appareil extenseur dans sa portion sous patellaire (zone de prélèvement du transplant et génératrice d'adhérence). En abaissement, elle permet la mobilisation partielle du cul-de-sac sous quadricipital. Latéralement, elle permet d'éviter l'enraidissement des formations capsulo-ligamentaires latérales et médiales.

La mobilisation en abaissement peut être pratiquée genou en flexion pour obtenir un meilleur étirement du cul-de-sac sous quadricipital.

Geste simple, il constitue une complémentarité parfaite des techniques de massage cutané et évite, lorsqu'il est pratiqué précocement et régulièrement, les raideurs importantes que l'on ne doit plus voir après chirurgie.

Électrophysiothérapie antalgique

La diminution, voire la disparition, de la douleur peut largement contribuer à favoriser la récupération articulaire ou au moins la remise en activité d'un genou rigidifié par cette douleur.

Des moyens électrologiques antalgiques sont utilisés en général avant la séance manuelle pour en augmenter l'efficacité.

L'application des courants antalgiques est basée sur la stimulation du « gate control system » et du système endorphinique par des courants de fréquence de l'ordre de 50 à 150 Hz, si possible modulés à largeur d'impulsion de 30 à 50 µs, pour le premier et de 1 à 5 Hz pour le second avec des largeurs de 400 µs. L'emplacement des électrodes est choisi de façon à stimuler les nerfs sensitifs articulaires du genou (tableau 2-III). Les courants utilisés sont alternatifs lors d'une ligamentoplastie avec vis ou agrafes de fixation du transplant ou du ligament.

Tableau 2-III. *Innervation du genou*

Région	Innervation
Face postérieure	Nerf tibial (SPI)
Face interne	Nerf fémoral (crural) : nerf saphène (interne) Nerf obturateur (inconstant)
Face antéro-interne	Nerf fémoral : nerf du quadriceps Nerf fémoral : nerf saphène
Face antérieure	Nerf fémoral : nerf du quadriceps
Face antéro-externe	Nerf fémoral : nerf du quadriceps Nerf péronier commun (SPE)
Face externe	Nerf péronier commun

A retenir :
- le PAPE est innervé par le nerf péronier commun;
- les ligaments croisés sont innervés par nerf tibial;
- le corps adipeux infrapatellaire est innervé par le nerf tibial.

Les ionisations à visée anti-inflammatoire avec les AINS (pénétration réelle des molécules?) [4] sont d'efficacité discutée. Nous les pratiquons avec une solution d'acétylsalicylate de lysine sur l'électrode négative pendant une durée de 30 minutes en l'absence de vis ou d'agrafes.

Les ultrasons utilisés sur un mode d'émission pulsé avec un rapport temps de travail/temps de repos de l'ordre de 2/5 (Dison), une fréquence de 1 MHz et une puissance de 1 W/cm^2, de préférence en milieu aquatique (bassin ou piscine de rééducation) pour favoriser l'incidence ultrasonique, sont un agent physique de choix sur les douleurs lésionnelles du plan interne, en particulier en présence d'un syndrome de Palmer ou de Pellegrini-Stieda, ainsi que sur les douleurs du point d'angle postéro-externe, notamment avec tendinite du poplité.

D'autres agents physiques tels que les vibrations mécaniques transcutanées ou les ondes électromagnétiques pulsées athermiques peuvent être proposés.

Drainage lymphatique et techniques circulatoires

L'augmentation de volume du genou est inévitable en postopératoire. Elle correspond initialement à une hémarthrose, puis à une hydarthrose et à un œdème périarticulaire d'étiologie inflammatoire. Si le système lymphatique n'est pas touché par la voie d'abord, il fonctionne avec un hyperdébit et ce n'est que lorsque que ses possibilités locales d'adaptation sont dépassées que survient l'accumulation liquidienne.

Le traitement physique consiste à associer un repos articulaire relatif, un glaçage large de la région, un drainage lymphatique manuel (DLM) et une contention élastorigide.

❐ Drainage lymphatique manuel

Les collecteurs lymphatiques superficiels et profonds du genou convergent tous vers les ganglions inguinaux. Ils empruntent essentiellement la face médiale de la cuisse. Les manœuvres de drainage lymphatique concernent les voies superficielles et leur efficacité sur les voies profondes reste à démontrer. Elles sont surtout indiquées pour le traitement de l'œdème périarticulaire avec une action possible en profondeur.

L'objectif est de faire diffuser le liquide excédentaire vers des territoires voisins pour élargir la zone de captage par les lymphatiques initiaux. On cherche également à entretenir un débit lymphatique maximal, à favoriser la réabsorption au niveau veineux. Enfin les effets antalgiques et anti-inflammatoires ne sont pas à négliger.

Le drainage débute par une dizaine de stimulations de la zone des ganglions inguinaux. Ensuite, 8 à 10 manœuvres d'appel sont pratiquées sur la partie proximale puis distale de la cuisse, en insistant sur la face interne [1]. La manœuvre de résorption débute sur l'œdème, puis elle est dirigée vers la face interne de la cuisse. Elle est poursuivie pendant plusieurs minutes, en déplaçant fréquemment les doigts et les mains autour du genou et reste localisée à cette région. La règle de la non douleur est respectée. Cette technique tient compte de l'emplacement des drains et des cicatrices de voies d'abord.

Le massage dure environ dix minutes mais il est renouvelé le plus souvent possible, 2 à 3 fois par jour au début du traitement. Il convient de le pratiquer après les contractions musculaires et les mobilisations, pour une meilleure résorption de l'hyperhémie et de l'inflammation.

Lorsque l'œdème s'étend à la totalité du segment jambier et en l'absence de thrombose veineuse, on peut suspecter une lésion de quelques collecteurs lymphatiques. Ils sont en effet très nombreux et très vulnérables en regard du condyle fémoral et du plateau tibial médial. Dans ce cas, le drainage lymphatique manuel est différé de quelques jours après l'intervention chirurgicale pour respecter le temps de cicatrisation de ces collecteurs.

❐ La contention élastorigide par bandes

Elle débute au pied et remonte jusqu'au tiers inférieur de la cuisse. On superpose une bande inextensible en coton avec une bande élastique.

Elle est posée immédiatement après le drainage manuel. Elle est conservée pour les exercices actifs et d'une manière générale 24 heures sur 24 en dehors des séances de massage. Elle participe ainsi, comme toutes les techniques physiques luttant contre la stase veineuse, à la prévention non médicamenteuse des phlébites [2].

Le traitement physique de l'œdème tient une place importante en début de prise en charge d'un genou opéré. Ensuite on peut espacer les séances en fonction du degré inflammatoire résiduel.

Contracté-relâché

Sa seule véritable indication correspond à un excès de tension tonique du quadriceps entravant l'application des mobilisations spécifiques. La manœuvre correspond davantage à un tenu-relaché car la contraction dynamique concentrique du quadriceps dans ce cadre pathologique présente de nombreuses contre-indications.

Après une contraction statique avec résistance manuelle proximale sur le segment jambier, un temps de décontraction est respecté, puis, profitant de l'effet neurologique d'inhibition après cette contraction statique d'intensité relativement élevée, la mobilisation passive est pratiquée.

Il est important de bien appliquer cette technique uniquement lors de sa véritable indication; en dehors de celle-ci, privilégier la mobilisation spécifique aux prises de mains beaucoup plus précises.

Étirements musculaires

Concernant la flexion, seul le droit de la cuisse (droit antérieur) peut être mis en cause dans un processus de rétraction limitant la flexion. Sa participation est clairement déterminée par la mesure de l'amplitude passive de la flexion du genou en position de flexion de hanche (assis au bord de la table avec détente de l'insertion supérieure du muscle) et d'extension de hanche (allongé au bord de la table avec mise en insuffisance passive du muscle). Une diminution de l'amplitude dans la seconde position pose l'indication de manœuvre d'étirement du droit de la cuisse (fig. 2-5).

L'auto-étirement est effectué en position assis sur une fesse au bord de la table pour protéger le rachis lombaire par la flexion de la hanche controlatérale (fig. 2-6).

L'étirement est pratiqué de manière passive sollicitant principalement le tissu conjonctif de la nappe tendineuse de l'insertion proximale ou de manière active en ajoutant au temps précédent une contraction du muscle en position d'étirement maximal, ce qui permet une sollicitation du tissu conjonctif plus localisé à la partie basse du muscle [3].

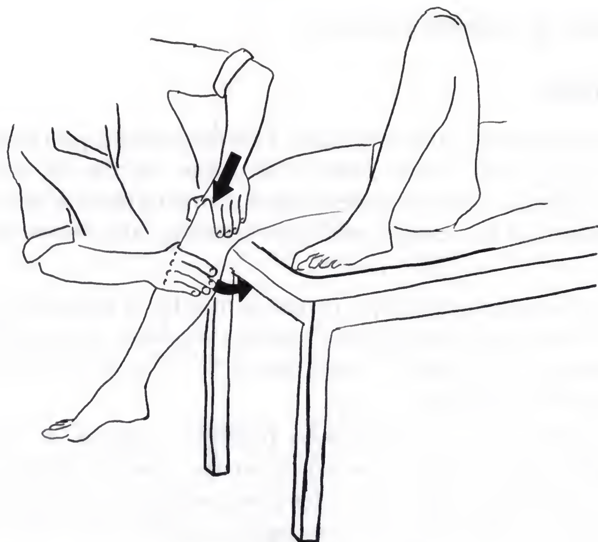


Fig. 2-5. *Étirement du droit de la cuisse.* Patient en décubitus dorsal, segment jambier en dehors de la table. Le pied controlatéral est posé sur le bord de la table pour un meilleur confort lombaire. Le kinésithérapeute imprime un mouvement de flexion du genou avec une main et imprime un glissement inférieur de la patella avec l'autre. Le réglage du bras de levier de flexion du genou est adapté à une lésion du LCA par un placement proximal.



Fig. 2-6. *L'auto-étirement du droit de la cuisse est effectué par l'extension de hanche et non par une flexion du genou.*

Balnéothérapie

Adjuvant à la rééducation articulaire, la balnéothérapie peut être pratiquée dès la cicatrisation cutanée totale, c'est-à-dire, au plus tôt, aux environs de la troisième semaine postopératoire. La mise en place d'un film protecteur étanche sur la cicatrice peut, avec certaines précautions, anticiper ce délai.

Outre le rodage articulaire que permet la marche en immersion relative et les mouvements de flexion répétés par des pédalages, il faut retenir l'effet bénéfique de l'eau chaude (supérieure à 32 °C) sur les douleurs et la décontraction musculaire.

En complément des mobilisations tissulaires cutanée et sous-cutanée manuelles, les jets à pression apportent un assouplissement des tissus, donc une meilleure extensibilité des plans antérieurs et collatéraux lors du mouvement de flexion. La balnéothérapie apporte aussi un complément substantiel aux séances manuelles.

Assistance mécanique de rodage

Pratiquée de manière répétée à une amplitude proche de la flexion maximale, grâce à un relais instrumental tel que la bicyclette de rééducation (fig. 2-7) ou l'arthromoteur, la mobilisation par assistance mécanique permet un rodage des degrés submaximaux de flexion. Sur arthromoteur, l'indication est possible jusqu'à 110° maximum; le relais ensuite peut se faire sur bicyclette avec un genou non inflammatoire et avec une faible résistance de pédalage.

La durée de la séance est déterminée de manière progressive et selon la réaction inflammatoire à l'exercice.

La mobilisation par assistance mécanique est précédée de préférence par une séance de mobilisation manuelle.

Autopostures

Pratiquées lorsque la consolidation des structures ligamentaires est suffisante, les autopostures peuvent être effectuées à sec en position assis-talons en contrôlant l'appui sur le membre lésé. En piscine, l'accroupissement face à la main courante peut être proposé.

Contre-indiquées en présence de point(s) douloureux précis, elles permettent un assouplissement global des parties molles antérieures du genou.

L'imprécision biomécanique de ces exercices nécessite à la fois de différer leur indication et de respecter une certaine limite dans leur intensité d'application.

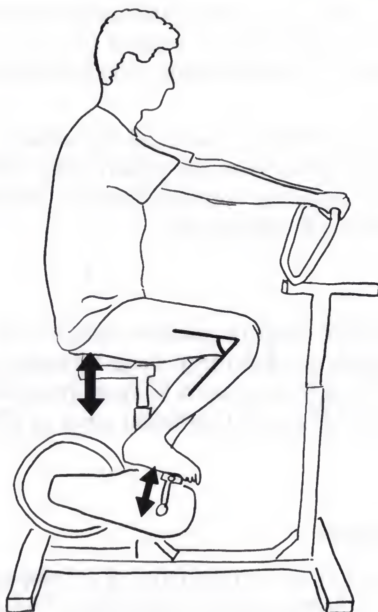


Fig. 2-7. *Les paramètres de progression en flexion du genou sont l'abaissement de la selle et l'augmentation de longueur du bras de pédale.*

Massage décontractant et prise de conscience du relâchement quadricipital

Les manœuvres de décontraction visent à détendre le muscle de façon à ne pas limiter la flexion par réaction de protection. Préalablement à toute technique, il est nécessaire de mettre en confiance le patient et le rassurer sur la non-agression des gestes.

Les techniques utilisées sont des manœuvres de massage et de prise de conscience du relâchement quadricipital.

En position de décubitus dorsal avec un très léger coussin rond sous le creux poplité (inférieur à 10 cm de diamètre), la mise en décontraction débute par le massage du quadriceps. Les manœuvres à type d'effleurage et de pressions glissées sont intriquées avec la mobilisation passive de la rotule et les manœuvres de décollement cutané. Elles recoupent également les manœuvres de mobilisation passive spécifique.

Toute difficulté pour obtenir une décontraction musculaire est un obstacle à l'application de toute technique de gain articulaire. Elle peut être en rapport avec une épine irritative au niveau du genou et/ou à un problème de décontraction générale.

Les moyens dont dispose le kinésithérapeute pour permettre un relâchement de cet excès de tension sont la prise de conscience de cette tension par rétroaction myoélectrique et les techniques de sophrologie et relaxation.

La recherche de l'inhibition de l'activité électrique de surface, grossièrement proportionnelle à l'activité musculaire sous-jacente, est obtenue par visualisation du microvoltage recueilli à partir d'électrodes placées sur les trois chefs superficiels du quadriceps.

Repos

Une absence de progression persistante, malgré tous les moyens mis en œuvre, s'accompagne généralement d'une lassitude psychologique ; il est bon alors de savoir arrêter de façon temporaire la rééducation et souvent de changer le patient de contexte ambiant voire de rééducateur [6].

Extension

Mobilisations spécifiques

Leur spécificité en termes de manœuvre d'accompagnement rotatoire est nettement moins évidente que pour la flexion.

L'analyse cinésiologique en présence d'une douleur ponctuelle lors du mouvement d'extension doit amener le rééducateur à associer une rotation le plus souvent externe (fig. 2-8).

En dehors de toute spécificité rotatoire, la mobilisation passive est pratiquée de manière classique, patient en décubitus dorsal ; les mains du rééducateur sont placées en amont et en aval de la patella (rotule) et appuient sur le genou dans le sens de l'extension (fig. 2-9).

Contracté-relaché

Cette manœuvre, à l'inverse de la récupération de la flexion, trouve une indication beaucoup plus large.

En effet, les muscles fléchisseurs du genou protégeant la capsule postérieure constituent fréquemment une barrière à l'extension. Par ailleurs, l'application du temps contractile de la manœuvre ne nuit en rien, technologiquement, au temps passif pratiqué de manière classique comme décrit ci-dessus.

Le premier temps de la manœuvre est constitué par une contraction dynamique concentrique d'amplitude réduite, genou en flexion, le pied restant posé sur la table, avec une résistance des mains du rééducateur positionnées de part et d'autre de la patella.

Le second temps, après respect de la décontraction inhibitrice, est constitué par une manœuvre passive des mains du rééducateur genou en extension (fig. 2-9).



FIG. 2-8. *Mobilisation spécifique en extension.* Une main est positionnée sur la partie inférieure de la face antérieure du segment crural, l'autre empaumant par une prise en bracelet la face postérieure du segment jambier, imprime un mouvement d'extension associé à la rotation.

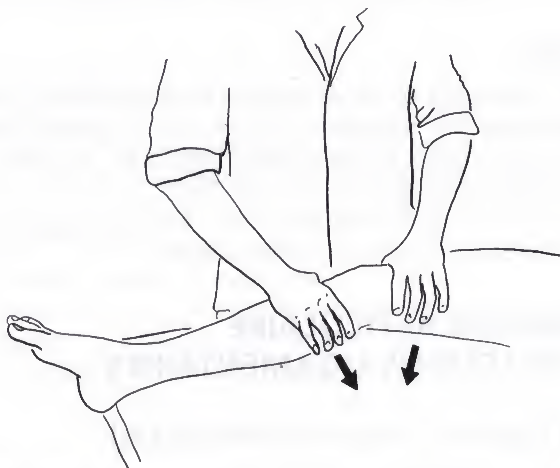


FIG. 2-9. *Mobilisation et postures manuelles en extension.*

Postures

Effectuées manuellement après un temps mobilisateur selon les techniques ci-dessus, elles peuvent trouver une indication dans le contrôle de l'intensité douloureuse.

Réalisées de manière instrumentale avec des poids ou des sacs de sable, elles ne trouvent plus d'indication dans notre expérience du fait des phénomènes algiques qu'elles engendrent, et du repli en flexum par réaction qu'elles induisent.

Extension active

Le cercle vicieux que constitue l'absence de capacité musculaire efficace en extension induisant une impossibilité de réduction active du flexum qui lui-même entretient la non-mise en situation des fonctions musculaires d'extension totale, doit être combattu. Pour ce faire, l'exercice musculaire à la limite de l'extension disponible est considéré comme un moyen actif de récupération articulaire.

Étirements musculaires

La participation des muscles ischio-jambiers et des gastrocnémiens jumeaux au déficit d'extension du genou peut être mise en évidence, pour les premiers, par une diminution de ce déficit lors du passage de la position assis-genou en extension au décubitus dorsal. Pour les gastrocnémiens (jumeaux), l'appréciation est effectuée par la mise en flexion dorsale de cheville qui interfère sur le flexum du genou.

Les techniques de stretching de ces groupes musculaires seront indiquées en présence de tests positifs (*cf.* chapitre « Récupération musculaire »).

Balnéothérapie

Les effets antalgiques et décontractant de l'eau chaude pourront compléter avantageusement les techniques proposées sur un genou douloureux en extension, pour lequel la participation tonique de la chaîne musculaire postérieure entrave la progression en extension.

La recherche de l'amplitude maximale d'extension est effectuée en chaîne cinétique ouverte et fermée du membre inférieur.

RÉCUPÉRATION ARTICULAIRE SELON LES LÉSIONS LIGAMENTAIRES

Lésion du ligament croisé antérieur (LCA)

Les suites articulaires du traitement chirurgical par ligamentoplastie sont évidemment dépendantes du type de ligamentoplastie pratiquée, de la

nature et de la localisation du prélèvement du néoligament, de la dextérité du chirurgien.

Désormais l'immobilisation postopératoire est relative, constituée par une attelle mousse baleinée, retirée lors des séances de rééducation. La durée de cette immobilisation est fonction de la capacité de contrôle musculaire et du risque rotatoire lors de la déambulation.

Les techniques appliquées respectant les principes biomécaniques en particulier la mise en tension du transplant par l'utilisation de bras de levier courts avec prises de mains proximales sur le segment jambier lors de la flexion. Les montages de poulie-thérapie type activo-passif avec un filin fixé à chaque pied sont à proscrire.

Le respect de la douleur est un facteur élémentaire; son non-respect ne peut qu'entraîner une réaction de défense de la part du patient et des complications allongeant la durée de la récupération articulaire.

Récupération de la flexion. — Le choix des techniques doit être fait en fonction des causes limitatives selon les tableaux 1-I et 2-II (voir p. 9 et 10).

L'évolution des amplitudes est variable selon les individus; il faut surtout retenir dans cette absence d'uniformité un repère d'évolution dit de «début d'inquiétude» qui est de 90° à 45 jours postopératoires. En deçà de cette angulation, une période probatoire de 15 jours avec des mesures précises de la flexion peut être indiquée avant la mobilisation sous anesthésie générale, en l'absence d'algoneuro-dystrophie (AND). Toute progression inférieure à 10° durant cette période est une indication à la mobilisation sous anesthésie générale.

Concernant une évolution qualifiée de trop rapide, il faut retenir que la flexion active normale doit pouvoir s'exprimer sans restriction particulière. Le positionnement du transplant ne correspond pas forcément à l'implantation anatomique du LCA et, de ce fait, les valeurs de la tension en fonction de la flexion ne sont pas directement et précisément transposables. La tension est donc variable tant en raccourcissement qu'en allongement suivant la localisation de la greffe [8] et le centre instantané de rotation, dépendant lui même du profil condylien de l'opéré. Il apparaît superfétatoire d'imposer une restriction à la liberté articulaire de flexion obtenue spontanément.

Récupération articulaire de l'extension. — En particulier, respect ou non d'un flexum : le risque de conflit avec le bord antérieur de l'échancrure intercondylienne est l'élément déterminant. Un positionnement trop antérieur de l'extrémité tibiale et/ou condylienne du transplant doit nous guider vers une attitude de réserve limitant l'application de techniques passives de récupération de l'extension durant les 45 premiers jours postopératoires. Ce cas de figure peut être éventuellement lu sur la radiographie [5] mais est en principe communiqué par le chirurgien à l'équipe de rééducation.

Hormis ce cas relativement exceptionnel, aucune protection du flexum ne doit être faite jusqu'à la position anatomique zéro.

L'attitude visant à conserver un flexum volontairement grâce au port d'une talonnette par exemple pour provoquer une rétraction des structures capsulo-ligamentaires périphériques, et de ce fait augmenter la stabilité du genou, ou pour diminuer la pente tibiale, nous semble, hormis quelques cas particuliers, d'une utilisation délicate; en effet, ce procédé peut favoriser des rétractions des coques condyliennes dont la récupération est douloureuse et difficile. D'autre part, il induit une boiterie de flexum gênante, pouvant provoquer des désordres pathomécaniques des étages articulaires supérieurs (hanche, colonne vertébrale).

Si la protection du flexum est malgré tout nécessaire pour ménager le transplant, il ne faut pas dépasser 70° de flexion sinon on risque d'imposer au transplant une tension équivalente à celle d'une extension à 0°.

Les sutures. — Elles correspondent essentiellement à des arrachements du plafond ou du plancher du LCA. Les mêmes principes généraux que les ligamentoplasties par transplant sont respectés.

Le traitement orthopédique. — Il garde une place dans les suites lésionnelles du LCA. Il est largement conditionné par l'âge du patient et son niveau sportif. La qualité du système de stabilisation périphérique du genou constitue également un point important dans le choix de ce traitement chez une personne active. Il correspond à un espoir de sauvegarder des faisceaux ligamentaires restant et impose une protection mécanique en évitant le débattement articulaire dans les amplitudes d'extension et au-delà de 70° dans un premier temps minimal de 21 jours, puis au-delà de 90° après 45 jours. L'extension spontanée est tolérée sinon aucune manœuvre passive de recherche d'extension n'est pratiquée pendant les 21 premiers jours; ensuite, elle est surveillée sans véritable recherche jusqu'au 45e jour.

Lésion du ligament croisé postérieur (LCP)

Les principes généraux de la récupération articulaire de la flexion du genou sont identiques à ceux décrit pour le LCA. Par contre, sur le plan biomécanique, on retiendra la possibilité d'utiliser pour la flexion des bras de leviers longs avec prises de mains distales, et contre-prise sur la face postérieure et supérieure de la jambe pour favoriser la protection du transplant.

La récupération de l'extension reprend, quant à elle, le principe des bras de leviers courts.

Lésion du ligament collatéral médial (LCM) ou ligament latéral interne (LLI)

Le traitement orthopédique du plan interne est devenu prépondérant dans les lésions isolées fraîches, du fait de la bonne cicatrisation.

Globalement, la mise en tension du LCM est maximale à 80° de flexion, les fibres antérieures sont en tension croissante pour la flexion depuis la position d'extension, les fibres postérieures en diminution de tension pour le même mouvement [8].

Il convient de respecter durant les 45 premiers jours une réserve de mobilisation en flexion en restant en deçà de 80° si l'immobilisation est amovible. Le respect d'un flexum ne peut être guidé que par une atteinte des fibres postérieures.

Le traitement chirurgical du LCM souvent associé à celui du LCA est effectué suivant la localisation et le type de la lésion par suture ou agrafage. En présence d'une suture suffisamment solide, la récupération articulaire est guidée par l'exploration opératoire qui permet de localiser l'atteinte du LCM et d'imposer un schéma de restriction articulaire (voir ci-dessus).

Une « délocalisation » de l'attache fémorale ou relocalisation approximative tibiale selon les cas, peut entraîner une variation de longueur pouvant aller jusqu'à 20 % en flexion complète par rapport au schéma anatomique [8] et peut expliquer une tension limitative des amplitudes extrêmes.

Les techniques et leurs applications répondent aux principes généraux de la récupération articulaire du genou en portant l'attention sur la cicatrisation du LCM et les contre-indications de mise en tension décrites ci-dessus.

L'absence de progression dans l'évolution des amplitudes articulaires peut être liée à une douleur interne (syndrome de Palmer) et/ou à une calcification interne (syndrome de Pellegrini-Stieda) pose l'indication d'une infiltration du plan interne avec de bons résultats.

Lésion du ligament collatéral latéral (LCL) ou ligament latéral externe (LLE)

La rupture isolée du LCL n'est jamais rencontrée ; par contre, son association avec d'autres lésions ligamentaires peut nous amener à prendre en considération sa biomécanique.

Ce ligament se détend de manière croissante avec la flexion.

BIBLIOGRAPHIE

[1] BOUCHET J.Y., RICHAUD C., FRANCO A. — *Rééducation en pathologie vasculaire périphérique*. Masson, Paris, 1989.

[2] BOUCHET J.Y., RICHAUD C., FRANCO A. — La contention élastique et la prévention des thromboses veineuses profondes. *Ann. Kinésithér.*, 1984, *11*, 439-442.

[3] CHATRENET Y. *et al.* — Organisation anatomique et physiologique des chaînes musculo-conjonctives. *In : Rééducation 88*. Expansion scientifique française, Paris, 1988.

[4] CREPON F. — *Électrophysiothérapie et rééducation fonctionnelle*. Frison-Roche, Paris, 1994.

[5] DJIAN P., CHRISTEL P., ROGER B., WITVOET J. — Évaluation radiologique et IRM des ligamentoplasties intra-articulaires utilisant le tendon rotulien. *Revue de chirurgie orthopédique*, 1994, *80*, 403-412.

[6] HEULEU J.N. — La fenêtre thérapeutique. *In : Rééducation 85*. Expansion scientifique française, Paris, 1985.

[7] LAZENNEC J.Y., BESNEHARD J., CABANAL J. — L'articulation péronéo-tibiale supérieure. Une anatomie et une physiologie mal connues. *Ann. Kinésithér.*, 1994, *21*, 1, 1-5.

[8] O'CONNOR J. *et al.* — *Geometry of the knee in knee ligaments*. Raven Press, New York, 1990.

[9] PIERRON G. *et al.* — *Kinésithérapie. Membre inférieur*. Flammarion, Paris, 1990.

[10] PIERRON G., LE ROUX P., DESMARAIS J.-J. — Exemples de piégeages articulaires et musculaires du genou. *Ann. Kinésithér.*, 1992, *19*, 219-223.

3 RÉCUPÉRATION MUSCULAIRE

La finalité de la récupération musculaire est évidemment l'aptitude à exécuter des séquences gestuelles ajustées et adaptées au contexte environnemental quotidien, professionnel ou sportif.

Seul un potentiel musculaire suffisamment développé, puis replacé dans son contexte de déclenchement sensoriel, c'est-à-dire dans ses conditions habituelles de fonctionnement, permettra de parler de véritable récupération neuromusculaire.

Dans cet esprit, il est indispensable de planifier la récupération musculaire, d'une part, en fonction d'objectifs de récupération de potentiels musculaires et, d'autre part, de programmes moteurs, l'un et l'autre adaptés en fonction du cahier des charges biomécaniques lié à la cicatrisation du transplant ou des sutures.

DÉVELOPPEMENT DU POTENTIEL NEUROMUSCULAIRE

Le développement du potentiel neuromusculaire, sans être une finalité, constitue néanmoins une étape obligatoire qui doit être adaptée à la fois à la technique thérapeutique retenue et à l'objectif moteur du patient sportif.

Cette récupération du potentiel neuromusculaire doit être prise en compte précocement pour obtenir une qualité musculaire ultérieure indispensable à une activité sportive de niveau équivalent à l'état antérieur.

Il est fort probable que le différé de cette récupération à plusieurs mois postopératoires entérine des « sidérations » quasiment irréversibles, voire la disparition, de certains contingents histologiques et métaboliques. Il ne semble pas réaliste d'encourir un tel risque chez des patients sportifs professionnels ou de haut niveau.

La qualité et la précocité de la récupération musculaire d'un sportif passent par un développement attentif des qualités musculaires de celui-ci, de façon à lui procurer le potentiel musculaire optimal nécessaire à une reprise de son entraînement sportif technique.

Organisation anatomique structurale. Étude des rapports musculo-conjonctifs et incidences physiologiques

La connaissance de l'organisation musculaire et une meilleure compréhension de la spécificité de la structure sollicitée offrent au rééducateur la possibilité de mieux dominer l'application des techniques musculaires, tant de renforcement que d'étirement.

La présence du tissu conjonctif en connexion avec les fibres musculaires est importante et très variée, pratiquement propre à chaque muscle, conférant à chacun d'eux une architecture déterminante quant à leur mode de fonctionnement et à leur activité physiologique dont s'inspirera le rééducateur.

Ischio-jambiers

❒ **Semi-membraneux** (fig. 3-1)

Il s'insère fortement sur la tubérosité ischiatique par une travée conjonctive extrêmement puissante [fig. 3-1 (7)] servant de base d'insertion aux fibres musculaires. Elle descend en effectuant une légère rotation sur elle-même. Les fibres musculaires s'insèrent de part et d'autre de cette travée selon une direction oblique, configurant le semi-membraneux en un muscle hautement penniforme. Les fibres musculaires descendent bas pour s'insérer sur un court tendon s'épanouissant sur la face postérieure du tibia en débordant sur le corps du poplité [fig. 3-1 (6)] avec lequel il sera synergique, sur le point d'angle postéro-externe (PAPE) avec le tendon récurrent poplité oblique [fig. 3-1 (4)], sur le ligament postérieur oblique de Hughston [fig. 3-1 (2)] [39] et enfin sur la marge infraglénoïdienne du plateau tibial médial passant sous le LCM (ligament collatéral médial ou LLI) selon une direction horizontale à forte composante rotatoire [fig. 3-1 (3)].

Cette architecture musculo-conjonctive lui confère une physiologie statique de stabilisation et excentrique chargée de contrôler l'extension du genou et la rotation externe à partir du plateau tibial médial et du condyle latéral via le poplité et le PAPE.

Sa face superficielle est recouverte d'une nappe tendineuse d'insertion [fig. 3-1 (1)]. Il s'agit d'un renforcement conjonctif périphérique de la structure tendineuse débordant très largement sur le corps musculaire pour se terminer en un fin feuillet aponévrotique. Elle renforce ainsi la jonction myo-tendineuse. Elle est indépendante de la morphologie interne du muscle.

La présence d'une nappe tendineuse d'insertion tend à diminuer l'extensibilité musculaire locale en assurant une protection « périmusculaire ».

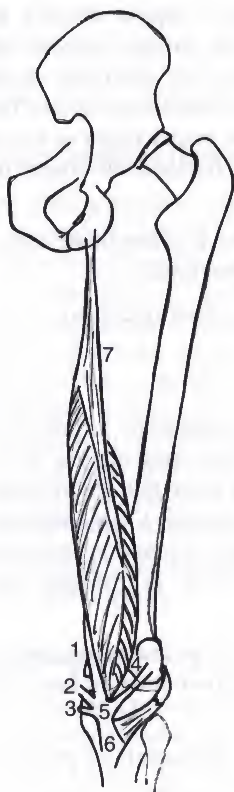


FIG. 3-1. *Anatomie structurale et terminaisons du semi-membraneux.*

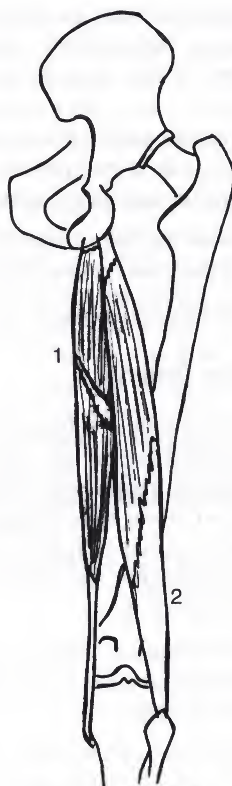


FIG. 3-2. *Anatomie structurale du semi-tendineux et long biceps fémoral.*

Les nappes tendineuses des semi-membraneux, du biceps fémoral et des gastrocnémiens délimitent le losange poplité constituant un système de protection des points d'angle postéro-interne et externe du genou. Leur participation dans la contraction excentrique augmente considérablement le pouvoir freinateur de ces muscles.

Peu extensibles, ces nappes conjonctives sont le principal siège des rétractions musculaires et seront particulièrement sollicitées lors des séances d'étirement.

❒ **Semi-tendineux** (fig. 3-2)

Localisé entre le semi-membraneux et le biceps fémoral, son corps musculaire fusiforme présente dans la partie médiane un pont conjonctif,

oblique en haut en dedans [fig. 3-2 (1)] qui le sépare en deux parties (muscle digastrique). Chaque partie reçoit un rameau nerveux moteur propre. Cette séparation conjonctive multiplie les jonctions myotendineuses et de ce fait l'expose davantage aux accidents musculaires liés à la flexion du genou. Par contre, elle lui permet de mieux régler sa tension en fonction de la longueur et ainsi d'augmenter sa précision de contraction en flexion et surtout en rotation interne du genou.

Le semi-tendineux apparaît donc comme un muscle d'amplitude active [38] et de précision pour ce qui est du réglage de l'amplitude.

La plastie activo-passive de Bousquet utilise le semi-tendineux.

❐ Biceps fémoral

Le chef long du biceps est dans sa partie supérieure infiltré de tissu conjonctif selon un axe parallèle aux fibres musculaires. Ce tissu conjonctif renforce la charpente musculaire et de ce fait absorbe une part plus ou moins importante des tensions en fonction de l'état contractile du muscle. Ainsi la forme en fuseau propice à la contraction concentrique est complétée par cette infiltration qui facilite le freinage lors de l'allongement.

La terminaison inférieure du chef long du biceps est recouverte d'une nappe tendineuse d'insertion renforçant l'insertion et de ce fait le PAPE [fig. 3-2 (2)].

La plastie du PAPE dite « du petit poplité » (G. Bousquet) est prélevée aux dépens du biceps fémoral.

L'insertion du chef court déborde de la ligne âpre sur la face profonde du fascia lata pour assurer une synergie de mise en tension.

Triceps sural

❐ Soléaire

Le soléaire présente une travée conjonctive intramusculaire qui est essentiellement constituée par l'aponévrose profonde. A partir de celle-ci, les fibres penniformes sont tendues pour rejoindre la face profonde de la nappe tendineuse et le tendon calcanéen. On note également, surtout dans la partie haute, l'implantation de fibres antérieures sans véritable efficacité mécanique. La partie basse et toujours profonde de cette travée intramusculaire présente une travée perpendiculaire, donc dans un plan sagittal, donnant naissance à des fibres musculaires de part et d'autre.

Le mode d'implantation des fibres musculaires et leur relativement courte longueur ne les prédisposent pas à des raccourcissements importants du muscle d'où la vocation stabilisatrice et freinatrice du soléaire.

Le soléaire contrôle donc indirectement le genou en chaîne cinétique fermée par la stabilisation du segment jambier. Par sa traction postérieure sur le tibia pied au sol, il participe fortement avec les ischio-jambiers à limiter le tiroir antérieur.

❐ Gastrocnémiens (jumeaux)

Les gastrocnémiens sont constitués de fibres musculaires longitudinales se disposant presque tangentiellement sur un large plan aponévrotique sous-jacent dont elles assurent la mise en tension. Le plan aponévrotique de terminaison des gastrocnémiens est étroitement en rapport avec la nappe tendineuse d'insertion du soléaire. Il faut noter que seuls les contingents collatéraux médial et latéral des gastrocnémiens, qui font souvent l'objet d'une séparation virtuelle avec les contingents axiaux, sont les véritables tenseurs. Eux seuls d'ailleurs sont recouverts d'une nappe tendineuse d'insertion sur les deux tiers supérieurs. Les fibres axiales courbes, sans action mécanique, ont davantage un rôle de calage et de protection du paquet vasculo-nerveux. Pour le gastrocnémien latéral, ce rôle est confié au plantaire grêle, quand il existe.

Les gastrocnémiens contiennent les condyles en arrière et constituent des cales postérieures.

Le quadriceps (fig. 3-3)

On retrouve à travers les quatre chefs du quadriceps la variété des rapports musculo-conjonctifs de la chaîne postérieure.

❐ Le droit de la cuisse (droit antérieur)

Ce chef constitue en quelque sorte l'équivalent antérieur du semi-membraneux avec une organisation de type penniforme (très marquée sur la moitié inférieure) et une travée conjonctive intramusculaire médiane sur laquelle s'implantent de part et d'autre les fibres musculaires dirigées vers le bas [fig. 3-3 (2)]. Deux importantes nappes tendineuses d'insertion renforcent ce chef, l'une sur l'insertion inférieure par sa face profonde, l'autre sur l'insertion supérieure par sa face antérieure [fig. 3-3 (1)].

Cette morphologie musculaire fait du droit de la cuisse, le muscle sangle de la face antérieure de la cuisse, destiné en particulier aux tâches statiques de stabilisation et excentriques freinatrices de la flexion du genou pied au sol.

❐ Le vaste intermédiaire (crural)

Tapissant la face antérieure du fémur dont il renforce certainement la structure osseuse par effet de poutre composite, ce chef profond est recouvert sur sa face antérieure d'une nappe conjonctive correspondant à la cloison d'union antérieure des vastes médial et latéral. Cette nappe permet

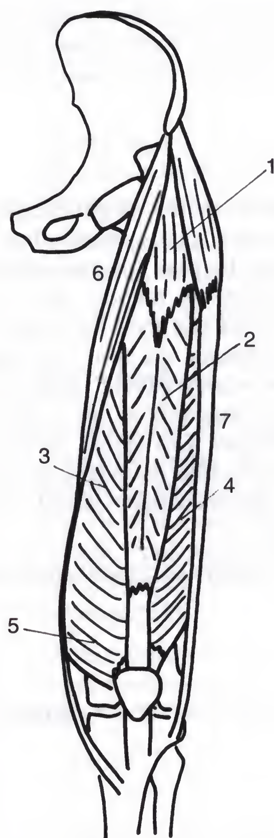


Fig. 3-3. *Anatomie structurale de la face antérieure de la cuisse.*

le glissement du droit de la cuisse et lui assure une certaine indépendance de fonctionnement par rapport aux autres chefs musculaires.

❒ **Les vastes médial et latéral (vastes interne et externe)** [fig. 3-3 (3) et 3-3 (4)]

Ils constituent la masse la plus charnue du quadriceps et de ce fait la principale source d'amyotrophie.

L'organisation et l'union des deux chefs constituent un compromis entre muscle d'amplitude destiné à une fonction phasique d'extension du genou et muscle de stabilisation du fait de leur aspect doublement penniforme résultant de l'union de ces deux chefs et de leur insertion sur un tendon quadricipital de forme triangulaire à base rotulienne.

La partie supérieure du vaste médial et le vaste latéral constituent un ensemble musculaire de fibres musculaires à obliquité réciproque ; son

efficacité est très importante sur les 30 derniers degrés d'extension du genou.

Les fibres basses du vaste médial [fig. 3-3 (5)], beaucoup plus inclinées (50° contre 15° pour les fibres hautes) [4], constituent un rappel interne de la patella sans efficacité quantitative sur l'extension. La persistance de leur sidération partielle, sans traduction sur la force d'extension, entraîne généralement des syndromes douloureux patellaires secondaires à la chirurgie ligamentaire.

Le ligament patellaire (tendon rotulien) constitue dans son tiers longitudinal le prélèvement des plasties libres os-tendon-os. La plastie MacIntosh Quadricipital et ses dérivés fait remonter le prélèvement sur le surtout fibreux prépatellaire voire le tiers antérieur osseux de la patella et sur le tendon quadricipital.

Fascia lata

Longue bandelette [fig. 3-3 (7)] plus ou moins large contenant la face latérale de la cuisse, cette nappe conjonctive est tendue en haut et en arrière par le grand fessier superficiel et en avant par le tenseur du fascia lata. Elle est également maintenue en tension dans sa face profonde et postérieure par le court biceps qui adhère par sa face postéro-latérale au fascia lata.

Passant en pont sur le segment crural, le fascia lata se termine par un épanouissement tendineux sur la face latérale du genou. Outre la terminaison principale sur le tubercule de Gerdy, on note la présence des fibres arciformes antérieures rejoignant l'appareil extenseur au niveau du bord latéral du tendon rotulien et quelquefois de la patella. Des fibres superficielles se prolongent sur les nappes tendineuses des loges antérieure et latérale de la jambe. Les fibres arciformes postérieures rejoignent le tendon du biceps.

Le fascia lata constitue un véritable ligament actif de la face latérale du genou renforçant le contrôle de la mobilité du compartiment latéral.

Comme l'a mis en évidence Imbert avec sa modélisation du genou, le fascia lata est l'élément responsable du ressaut rotatoire latéral lors de l'hypermobilité du compartiment latéral par rupture du LCA, lors des mouvements de flexion et extension.

La plastie fonctionnelle extra-articulaire de Lemaire, ainsi que la plastie mixte de MacIntosh fascia lata sont pratiquées à partir d'un prélèvement sur la bandelette du fascia lata qui doit alors être suturée ou complétée par un transplant de la cloison intermusculaire latérale (Jaeger).

Gracile (droit interne) et sartorius (couturier) [fig. 3-3 (6)]

Ces deux muscles du plan médial du genou possèdent peu de tissu conjonctif; ils sont formés de longues fibres musculaires longitudinales leur attribuant un rôle cinétique dans la rotation interne et surtout la

flexion du genou. Ce sont des muscles d'amplitude active prédisposés pour le raccourcissement.

Poplité

Il est composé de fibres musculaires fusiformes terminées sans transition par un tendon intra-articulaire s'enroulant sur le condyle latéral avec un relais inconstant sur le ménisque latéral [37] et une attache fibulaire [34]. Son corps musculaire est recouvert d'une nappe conjonctive confondue avec les fibres conjonctives du prolongement du semi-membraneux.

Le ligament poplité arqué assure la mise en tension du poplité lors des mouvements de varus.

Typologie musculaire

Les éléments caractéristiques des différents type de fibres sont rapportés dans le tableau 5-I.

Facteurs métaboliques

Les sources énergétiques du muscle sont, à travers celles de l'ATP (adénosine triphosphate), variées [1, 20].

Le métabolisme anaérobie alactique. — L'ATP est formé à partir de l'ADP (adénosine diphosphate) et de la PC (phosphocréatine). Cette réserve énergétique est faible et d'autant plus vite épuisée que l'exercice est intense. Par contre, elle est immédiatement disponible. C'est la source énergétique de choix pour le travail de la force maximale.

La restitution du stock de PC sera rapide dans un premier temps (50 % après 30 secondes puis plus lente 75 % après deux minutes). Le respect de ce temps de restitution impose donc entre chaque effort d'intensité maximale, un temps de repos au moins égal à deux minutes.

Le métabolisme anaérobie lactique [10]. — La dégradation du glycogène, selon cette voie, produit de l'acide lactique. La production maximale de l'acide lactique se situe environ une minute après le début de l'effort non interrompu.

La principale réserve de glycogène est localisée au niveau du muscle lui-même. Sa dégradation anaérobie en acide lactique localement au niveau du muscle est caractérisée par la sensation d'échauffement croissant se terminant par une « brûlure » due à l'accumulation maximale d'acide lactique.

La puissance de cette source énergétique est moins importante que celle dégagée par le métabolisme précédent mais de capacité plus longue. Ce métabolisme est mis en jeu par des exercices submaximaux de durée soutenue (1 à 2 minutes) ou répétés avec un très court intervalle de repos.

Le métabolisme aérobie. — Dans ce processus énergétique, l'ATP est fourni par l'oxydation du glycogène et/ou des lipides suivant l'intensité de l'exercice.

L'oxygène nécessaire est fourni par la myoglobine stockée localement au niveau du muscle et par la voie artérielle d'irrigation.

En présence d'une contraction musculaire de l'ordre de 25 % environ de la force maximale pour le quadriceps par exemple, l'effet de garrot bloque tout apport d'oxygène nouveau. La myoglobine épuisée et le blocage artériel consécutif à la contraction soutenue, le métabolisme aérobie laisse place au processus anaérobie.

La mise en jeu de cette source énergétique est caractérisée par des contractions de faible intensité, de longue durée ou par un travail intermittent de courte durée et d'intensité peu élevée.

Facteurs neurologiques

Les différentes qualités musculaires sont intimement liées aux capacités de mobilisation des unités motrices. La force est dépendante du nombre d'unités motrices (UM) recrutées simultanément, et l'endurance, de la quantité d'UM sollicitées par roulement.

La force maximale sur le plan neurologique est le résultat d'un maximum d'UM recrutées de façon synchrone, sachant que cette sommation est toujours inférieure à la quantité totale d'UM disponibles. La proportion de ce recrutement est liée à l'habitude ou à la répétition de la force maximale. Ainsi les sportifs sollicitant et entraînant cette qualité de force maximale seront aptes à mobiliser un pourcentage beaucoup plus important d'unités motrices par rapport à une personne non sportive.

La progression rapide de la récupération de la force maximale en particulier par contraction statique, lors des premières séances, est liée à la récupération de cette capacité de mobilisation des UM lors de la contraction. Tous les moyens facilitateurs de feedback tels que la stimulation visuelle par affichage de la performance ou la stimulation auditive par sonorisation peuvent être utilisés pour améliorer cette récupération.

La stimulation électrique de recrutement est, dans cet esprit, un moyen artificiel intermédiaire de mobilisation des UM, facilitant la sommation lors de l'effort volontaire.

La capacité à mobiliser plus ou moins rapidement les unités motrices lors d'un effort maximal est variable d'un individu à l'autre et détermine ce que l'on peut appeler le *profil neurologique de recrutement* [5]. Cette variable individuelle oblige le rééducateur à ne pas imposer de temps nécessaire à la production d'une force maximale volontaire. Quelques-uns l'obtiendront en 3 secondes d'autres en 15-20 secondes. La seule consigne fournie est le développement d'une force maximale indolore. L'adaptation

des courbes d'enveloppe de l'électrostimulation musculaire au profil neurologique du patient est également souhaitable.

L'effet de synchronisation des unités motrices peut être également appliqué à la répétition des contractions lors des séries. On obtiendra une augmentation des performances de manière grossièrement croissante, jusqu'à 10 essais successifs quelquefois. Aussi est-il bon de proposer au départ une dizaine d'essais lors de la récupération de la force maximale, qu'il sera toujours temps d'écourter si l'effet de synchronisation est régulièrement obtenu avant le dixième.

La qualité d'endurance est basée quant à elle, sur l'aptitude à mobiliser de façon successive des UM pour maintenir le plus longtemps possible un effort. Plus le nombre d'UM disponibles sera important, plus long sera le temps de repos entre deux sollicitations. En prolongeant un effort jusqu'à son ultime limite, la rééducation de l'endurance permet le recrutement des unités motrices restées en sommeil par effet de sidération.

L'étude électromyographique du quadriceps montre que, lors des mouvements rapides d'extension du genou, le recrutement EMG est maximal, supérieur à l'activité statique contre faible résistance (50 N) [25]. De ce fait, l'entraînement isocinétique à haute vitesse angulaire sera particulièrement indiqué en complément du travail statique. Par contre, l'analyse de la vitesse montre sa variation constante tant en chaîne ouverte que fermée ce qui limite l'entraînement isocinétique au développement du potentiel musculaire et nécessite un complément proprioceptif.

Éléments biomécaniques

La protection des sutures ou de la cicatrisation des transplants ligamentaires impose certaines règles biomécaniques lors de la rééducation.

❐ Lésion du LCA

Dans le plan sagittal, la translation antérieure du tibia sous le fémur en chaîne ouverte ou le recul condylien sur le tibia en chaîne fermée sont les principales contre-indications biomécaniques dans les suites lésionnelles du LCA.

Ainsi, lors de la récupération articulaire, le déficit d'extensibilité du plan antérieur du genou retenant l'extrémité supérieure du tibia en avant, couplé à une prise de main distale sur la jambe pour obtenir le roulement de flexion du genou, crée un couple de force mettant en danger l'intégrité du néoligament. Il est alors souhaitable de pratiquer des mobilisations spécifiques (voir chapitre 2 « Récupération articulaire »).

De même, lors de la récupération musculaire du quadriceps en CCO par résistances, le couple de forces formé par la tension du tendon patellaire et le vecteur de force des charges distales, fournit une avancée de l'extrémité supérieure du tibia préjudiciable à la bonne cicatrisation du

transplant (fig. 3-4 et 3-5). La plupart des études comparant la translation antérieure du tibia en CCO et en CCF sont pratiquées avec résistances distales et montrent la nocivité de cet emplacement [18, 41, 42].

Les résistances sont obligatoirement appliquées de manière proximale. Ainsi la composante vectorielle de rotation entre la force du quadriceps et la résistance est réduite de façon très importante et entraîne une faible translation antérieure du tibia équivalente à celle produite par la marche. La valeur de la résistance doit évidemment être augmentée pour compenser la diminution du bras de levier.

Il faut retenir que cette avancée est liée au frein du LCA mais aussi aux formations périphériques en particulier postéro-médiales ainsi qu'à la retenue du ménisque médial [3]. De ce fait, les principes biomécaniques décrits ci-dessus doivent être appliqués avec rigueur dans le cas de lésion associée à ces formations.

En chaîne cinétique fermée, la tension du quadriceps existe toujours mais l'extension est réalisée par une chaîne musculaire composée du triceps sural, des ischio-jambiers, du grand fessier et du quadriceps. A moment

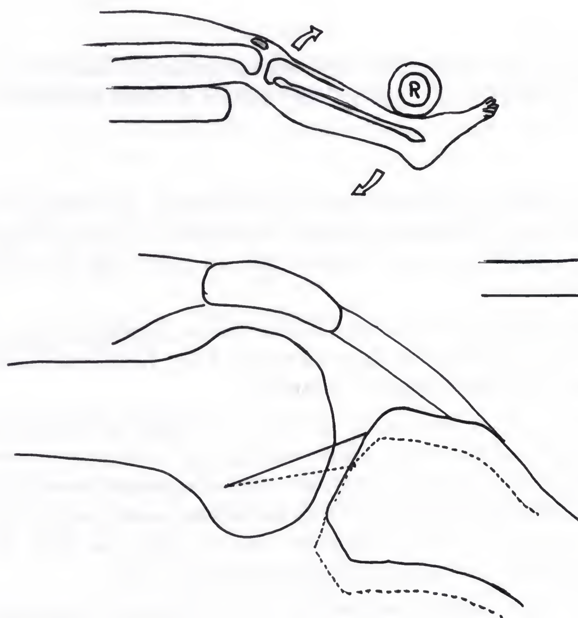


FIG. 3-4. *Travail du quadriceps en CCO avec résistance distale*. L'avancée du tibia sous le fémur est matérialisée à partir de la position de repos (en pointillé). La longueur du transplant supérieur traduit l'effet d'allongement.

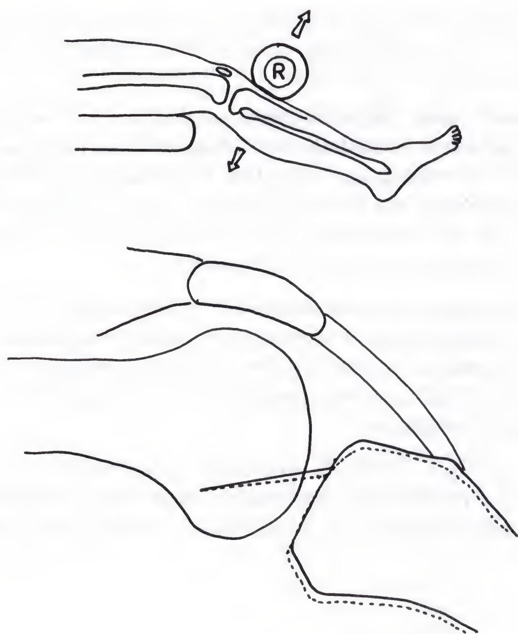


FIG. 3-5. *Travail du quadriceps avec résistance proximale.* L'avancée du tibia sous le fémur est nettement moins importante que sur la figure précédente.

égal d'extension, la participation du quadriceps, générateur de la translation antérieure, est nettement moins importante du fait de la participation des ischio-jambiers et du soléaire qui, en plus, sont des freins à cette translation.

Si l'appui bipodal favorise peu la translation antérieure [42], et peut être ainsi pratiqué rapidement dans les suites d'une ligamentoplastie, il en est tout autrement pour l'appui monopodal.

Dans l'appui monopodal, l'association de lésions de la corne postérieure du ménisque médial, de la coque condylienne médiale et une pente tibiale supérieure à 10° sont des éléments extrêmement défavorables quant à la protection du transplant par effet de translation antérieure du tibia. Le glissement postérieur des condyles sur le tibia se fait de manière proportionnelle à la valeur de la pente tibiale [3, 32].

Dans ces cas, l'appui monopodal en contraction (quadriceps, ischio-jambiers et triceps) entraîne une avancée tibiale quasiment aussi importante que l'application de charges distales en renforcement du quadriceps. Ainsi tout exercice de rééducation proprioceptive en appui monopodal devra être évité dans un premier temps [6].

Enfin, il faut noter également que, en chaîne ouverte, seule une forte rotation interne du tibia induit une mise en tension des ligaments croisés ou leurs transplants; hormis ce cas extrême, la rotation interne qui accompagne la flexion sera respectée sinon effectuée manuellement. Par contre, en chaîne fermée, le couple rotatoire étant beaucoup plus important, toute rotation pied au sol est contre-indiquée dans les premiers mois postopératoires.

❐ Lésion du LCP

La mise en tension du LCP est obtenue, dans le plan sagittal, par le recul tibial sous le fémur en chaîne ouverte ou l'avancée des condyles fémoraux sur les plateaux tibiaux.

Sa section par lésion entraîne une augmentation du glissement postérieur sans incidence sur les rotations et les mouvements de valgus et varus. Le glissement postérieur est minimal en extension complète et augmente progressivement jusqu'à 90° de flexion, certainement par détente de la capsule postérieure. Il faut noter qu'une lésion importante des structures postéro-latérales augmente considérablement le glissement postérieur [14].

Lors de la récupération de la flexion, la prise de main distale est cette fois indiquée car elle protège le transplant ou la suture.

Lors du renforcement musculaire du quadriceps, les charges placées à l'extrémité distale du segment jambier favorisent du fait de la mise en tension du tendon patellaire en avant, la protection du transplant.

Pour les fléchisseurs du genou, la composante de tension postérieure des ischio-jambiers sur le tibia est en partie compensée par les composantes des gastrocnémiens sur le fémur, activité des gastrocnémiens indissociable de celle des ischio-jambiers sur la flexion du genou contre résistance. Les charges seront néanmoins placées de manière proximale sur le segment jambier.

Les modes contractiles

L'organisation anatomique structurale (*cf.* ci-dessus) conditionne largement les activités musculaires en terme de mode contractile statique et surtout dynamique concentrique ou excentrique.

Le droit de la cuisse et le semi-membraneux ont une organisation les prédisposant davantage à une activité de type excentrique ou statique, le semi-tendineux et les vastes latéral et médial (fibres hautes), à une activité concentrique par exemple.

Bien qu'anatomiquement préconditionnés, les différents muscles ne sont pas enfermés dans une univocité contractile. Le meilleur exemple est fourni

par la *pliométrie* [9, 29], qualité musculaire permettant immédiatement après une contraction excentrique d'enchaîner une contraction concentrique. Ainsi les sauts d'appel et rebondissements d'appui monopodal font référence à cette qualité musculaire indispensable au réentraînement quelques mois après une ligamentoplastie. Dans un premier temps, la spécificité contractile des muscles est respectée sauf contre-indications, et le renforcement du semi-membraneux au sein des ischio-jambiers est sollicité de manière préférentiellement excentrique [7].

Course articulaire

L' enregistrement isocinétique du quadriceps lors de l'extension du genou fait apparaître la variation du couple de force aux différentes angulations (fig. 3-6) (*cf.* isocinétique). On remarque que le couple s'effondre progressivement au fur et à mesure de l'extension (angulation de 70° à 40°) suivant la vitesse [7]. Il apparaît nécessaire de renforcer ce muscle dans son secteur de suppléance ligamentaire correspondant au secteur de stabilisation du genou en chaîne cinétique fermée (30 à 40° de flexion). Ce secteur fait appel à toutes les composantes du quadriceps. Par contre, sur le secteur de retour à l'extension totale, la part des vastes médial et latéral devient prédominante et nécessite donc un complément de travail dans ce secteur spécifique avec des résistances adaptées.

Pour les fléchisseurs du genou, le secteur de force est genou fléchi à 35° hanche en flexion [7]. Il faut surtout abandonner la flexion à partir de la position de décubitus ventral, hanche en rectitude qui génère des crampes car elle place les ischio-jambiers en course interne (insuffisance active).

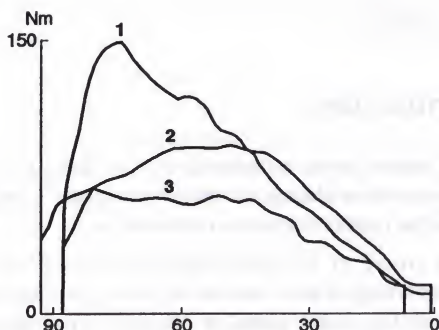


Fig. 3-6. *Course articulaire isocinétique.* Relation force : vitesse à 30°/s (1), à 180°/s (2), à 300°/s (3), dans l'extension du genou : amplitude 90°/0/0°.

Les techniques de développement du potentiel musculaire

❒ Exercices en chaîne cinétique ouverte

• *Mode statique*

Un des intérêts principaux du travail statique réside dans la contre-indication du travail dynamique, en particulier en extension. En effet, dans un premier temps, l'état inflammatoire, la fragilité des sutures des différentes parties molles périarticulaires, la fixation des transplants, l'état méniscal et cartilagineux fémoro-tibial ou patellaire sont autant d'éléments limitant tout travail dynamique résisté et répétitif.

Le travail statique présente en lui-même quelques intérêts, en particulier dans le recrutement des unités motrices qui est généralement supérieur.

Sur le plan trophique, le déficit de volume musculaire est assez constant malgré des performances statiques totalement restituées. Il est bon de prévenir le patient, très attentif à cette fonte musculaire. La restitution du volume correspondra davantage à un entraînement de l'endurance dynamique.

Enfin, en terme d'évaluation, le travail statique étant effectué à la vitesse de contraction 0, la mesure de la force est aisée et non dépendante de la vitesse de raccourcissement ou d'allongement comme dans le travail dynamique.

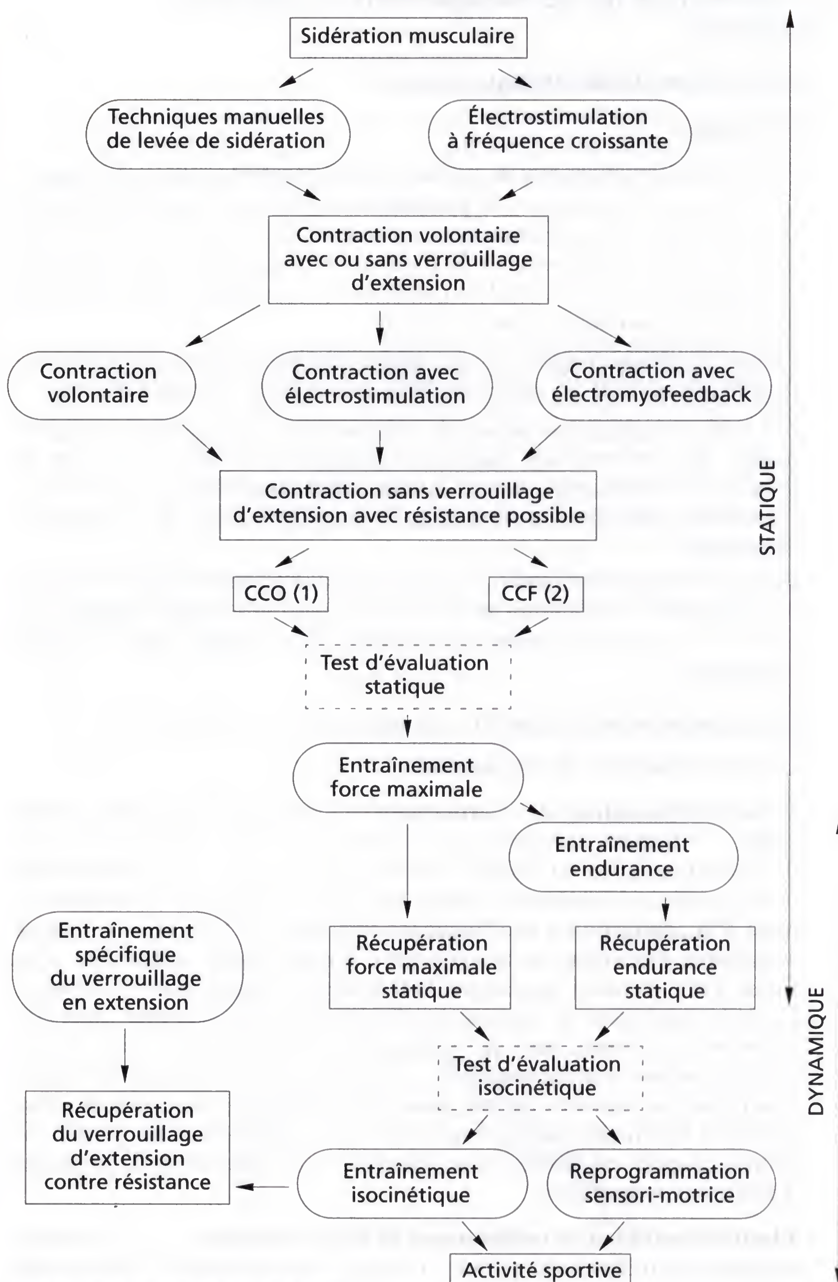
La récupération de la capacité contractile de base (tableau 3-I)

L'électrostimulation de recrutement

L'électrostimulation de recrutement à très basse fréquence croissante. — Inspirée des principes décrits par B. Joly [30] cette forme d'électrostimulation est indiquée dès les premiers jours postopératoires et/ou en présence de sidération musculaire. Elle est basée sur un réentraînement à la contraction à une fréquence très basse (1 Hz), puis, si chaque stimulation électrique est accompagnée d'une réponse instantanée sous forme d'une secousse musculaire, la fréquence est augmentée d'une unité. La limite supérieure de fréquence est la dernière ayant entraîné systématiquement une réponse, ainsi que la fréquence suivante pour progresser. Les courants utilisés sont rectangulaires alternatifs. Les impulsions électriques sont émises de manière continue jusqu'à des fréquences de 20 Hz environ. Ensuite l'électrostimulation musculaire de recrutement telle qu'elle est décrite ci-après est utilisée pour répondre à une indication de poursuite d'électromyostimulation.

Électrostimulation de recrutement de basse fréquence. — L'électrostimulation de recrutement permet d'obtenir un recrutement artificiel des unités motrices pour une meilleure mobilisation de celles-ci sur un mode volontaire.

Tableau 3-I. *Récupération chronologique de la fonction musculaire quadricipitale.*



(1) Sur chaise de musculation adaptée.

(2) Sur press leg. Quadriceps intégré dans la chaîne d'extension.

L'adaptation individuelle des paramètres électriques, en particulier de la fréquence, doit être recherchée pour une meilleure efficacité. Les fréquences supérieures à 100 Hz ne seront pas négligées procurant souvent des résultats meilleurs [5]. Les impulsions sont toujours de forme alternative rectangulaire à largeur variable suivant le niveau d'intensité supportable ou disponible (en centaines de µs). La courbe d'enveloppe se rapprochera du « profil neurologique du patient ». Le temps de repos sera suffisamment long pour une récupération métabolique de qualité (30 secondes à 2 minutes suivant l'intensité de recrutement). La durée de la séance est basée avant tout sur la fatigabilité musculaire sinon de 30 à 60 minutes.

L'accompagnement par une contraction volontaire est préconisé pour mieux intégrer cette stimulation du potentiel musculaire dans son schéma neurophysiologique.

L'électrostimulation est pratiquée sur le quadriceps et plus particulièrement sur les fibres sidérées ou en défaut de synchronisation tétanique (fibrillation sur contraction volontaire).

Électrostimulation de lutte contre l'amyotrophie. — La douleur, l'épanchement articulaire (hémarthrose, hydarthrose), l'immobilisation, la sidération musculaire et l'œdème sont autant de facteurs qui favorisent l'apparition ou l'aggravation d'une atrophie musculaire non neurogène.

L'ensemble des données relatives au processus de stimulation démontre à l'évidence que seule l'électrostimulation continue, déterminant une dose d'activité musculaire prolongée pendant plusieurs heures et répétée régulièrment chaque jour, est efficace. Elle assure, selon les besoins, le maintien, le recouvrement des caractéristiques contractiles propre à un type donné de fibre musculaire (*cf.* chapitre 5 « Électrostimulation »).

Les caractéristiques d'application pour lutter contre l'amyotrophie sont rapportées dans le tableau 5-II (voir p. 90).

Techniques manuelles de levée de sidération. — Ces techniques sont basées sur les débordements d'énergie intégrant le quadriceps sidéré au sein d'une chaîne musculaire.

La technique retenue pour son efficacité est celle intégrant le quadriceps à la chaîne de réception taligrade, en stimulant le talon genou en extension [28]. Dans un second temps, l'exercice est effectué assis en bout de table jambe soutenue par le thérapeute qui progressivement diminue le soutien jambier pour faire travailler le quadriceps contre pesanteur (fig. 3-7). Il est important de considérer qu'une levée de sidération n'est jamais totale et que si le cap du soutien contre pesanteur est un seuil important, il ne correspond souvent qu'à une levée partielle du non fonctionnement des unités motrices. Certaines sidérations très partielles peuvent persister de nombreuses semaines, voire de nombreux mois, en particulier au niveau des fibres basses du vaste médial générant ainsi des syndromes rotuliens postopératoires. Il est bon de savoir « lire et décoder » la contraction quadricipitale et,

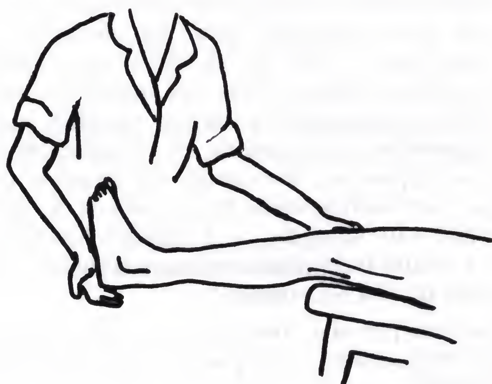


FIG. 3-7. *Technique manuelle de levée de sidération.* Le thérapeute stimule manuellement la poussée calcanéenne et verbalement demande une élévation de rotule avec durcissement de la cuisse.

par exemple, stimuler manuellement ou électriquement puis manuellement des fibres basses d'un vaste médial en complément à une contraction pouvant dépasser cent kgf en tubérosité tibiale en déverrouillage.

Facilitation par rétroaction myo-électrique (électro-myofeedback). — L'enregistrement de l'activité électromyographique de surface est grossièrement proportionnelle à l'activité de fibres musculaires sous-jacentes. La quantification de cette activité à partir de l'enregistrement EMG est faite sous forme d'affichage du microvoltage ou d'animation graphique pouvant être lue par le patient lors de la contraction. Elle peut être exploitée à des fins de facilitation par potentialisation de l'effort du patient sur cette localisation de la contraction.

Cette contraction, purement volontaire avec l'effet de contrôle, est indiquée pour développer le niveau de recrutement des unités motrices, en particulier de zones musculaires encore partiellement sidérées, et en retard sur la contraction générale du muscle ou plus simplement pour augmenter l'intensité de celle-ci.

Pratiquée sur une contraction musculaire simple, cette technique trouve une très bonne indication pour récupérer l'extension des derniers degrés du genou, c'est-à-dire le verrouillage. Il est important également de limiter son indication à cette seule zone articulaire car, au-delà, l'apparition d'un recurvatum peut être préjudiciable à la qualité d'un transplant de LCA. L'intégration et l'application de la co-contraction des ischio-jambiers peut permettre dans ce cas de poursuivre l'activité de développement du quadriceps sous électro-myo-feedback avec néanmoins un affaiblissement du recrutement.

Développement de la capacité contractile contre résistance sans verrouillage d'extension

Évaluation statique du déficit musculaire. — Une évaluation comparative du déficit musculaire statique du quadriceps et des fléchisseurs du genou, avec les précautions biomécaniques se rapportant à la localisation de la lésion, est généralement pratiquée avant tout programme de renforcement musculaire.

Décriée par certains, la contraction du quadriceps contre résistance maximale en CCO est le seul moyen d'investigation et d'évaluation spécifique du quadriceps. Nos études radiologiques de mesure de la laxité antérieure dans les différentes situations de renforcement musculaire (CCO, CCF, charges distales, charges proximales) traduisent l'effet très limité de laxité antérieure de la contraction quadricipitale maximale en CCO avec charges proximales (laxité équivalente à la CCF en appui bipodal).

Il est évident que cette situation doit être indolore et pratiquée avec un matériel spécialement adapté en dehors de toute période inflammatoire.

Elle permet de quantifier la capacité musculaire de contraction intégrant ainsi le potentiel histologique musculaire, la capacité de synchronisation des unités motrices et les inhibitions protectrices liées principalement à la douleur mais aussi à l'appréhension. Ce premier test évalue les capacités musculaires réellement disponibles. Il est pratiqué selon les différents auteurs et surtout l'état inflammatoire du genou entre le 21e et 45e jour postopératoire.

Le facteur d'appréhension (non négligeable) peut être réduit par un premier passage sur l'unité de mesure sans véritable enregistrement, seulement pour se familiariser avec la technique.

La position habituellement retenue est assis, genou fléchi à 45° (position de compromis entre la moindre tension sur le transplant et la contrainte patellaire) (fig. 3-8). Les valeurs de perte varient selon les techniques chirurgicales pratiquées, le délai postopératoire du test ainsi que l'entraînement musculaire postopératoire immédiat, en particulier l'électromyostimulation ou non. Les chiffres sont ainsi compris dans une fourchette de 30 à 80 % de perte pour le quadriceps et de 20 à 50 % pour les fléchisseurs [8].

Récupération de la force maximale. — La recherche d'un recrutement et d'une mobilisation maximale de la force entraîne une sollicitation privilégiée du métabolisme anaérobie alactique avec recrutement des fibres IIb et sommation spatiale d'unités motrices.

La douleur et/ou l'état inflammatoire sont des obstacles au développement de la force maximale.

L'efficacité optimale pour la progression de la force maximale est sans conteste la sollicitation des groupes musculaires à leur niveau maximal de force. Au stade de début de progression, les valeurs de la force maximale



FIG. 3-8. *Unité de mesure et d'entraînement de la force statique du quadriceps avec jauge de contrainte* myostatic.

progressent rapidement ; aussi est-il indispensable pour optimiser la récupération que la résistance soit dépendante ou asservie à la force musculaire développée. Les poids ou compas d'accouplement sont des moyens peu adaptés à cette rapidité de récupération. En revanche, les capteurs de force procurent une solution avantageuse.

En respectant la mise en place des localisations de résistances selon les principes biomécaniques des lésions ligamentaires (placement jambier proximal pour le travail quadricipital dans les suites d'une lésion ou reconstruction du LCA par exemple), la récupération est pratiquée par le développement de contractions maximales séparées de deux minutes de repos pour une régénération suffisante de phospho-créatine.

Le nombre de contractions est progressivement porté à 10 par séances répétées 5 fois par semaine.

L'affichage des performances constitue un élément de feedback facilitateur extrêmement positif et incitatif au développement de la force maximale.

Le respect de la douleur est un principe absolu, à dissocier des phénomènes d'appréhension au développement d'une contraction intense.

Ce type d'exercice est pratiqué sur les fléchisseurs du genou et sur le quadriceps.

Récupération de l'endurance. — Sollicitant des filières énergétiques et histologiques différentes de la force maximale, les qualités d'endurance nécessitent de ce fait une récupération distincte.

De façon à cibler précisément le métabolisme anaérobie lactique, l'exercice produisant un échauffement puis une « brûlure » dus à l'accumulation d'acide lactique est jugé tout à fait pertinent. Cet exercice consiste à maintenir le plus longtemps possible une contraction à un seuil d'intensité représentant 50 % de la force maximale. Appelé *Temps Maximal Endurant à 50 %* (TME 50), il est pratiqué après l'entraînement de la force maximale de façon à pouvoir prendre celle-ci en référence pour le calcul du seuil. A défaut de pouvoir exercer la force maximale, une valeur seuil en kgf est déterminée arbitrairement puis corrigée et affinée en fonction du temps de maintien.

Le temps habituellement obtenu avec le TME 50 est de l'ordre de 45 secondes à deux minutes. Un temps supérieur est soit le résultat d'une mauvaise évaluation de la force maximale, soit un profil très endurant.

Il est important pour obtenir le maximum de bénéfice de cet exercice de le faire durer jusqu'à l'ultime seconde de maintien. Ainsi exécuté, le développement de la contraction malgré l'accumulation d'acide lactique est repoussé et le recrutement d'unités motrices dans le cycle de rotation est augmenté.

Si le TME 50 représente un élément caractéristique de l'endurance par la sollicitation ciblée du métabolisme anaérobie lactique, il doit être complété par le choix de seuils permettant d'effectuer les transitions entre les principaux métabolismes. Ainsi les TME 40, TME 60, TME 70 et TME 80 constituent les étapes transitoires travaillées en alternance une séance sur deux avec le TME 50. On peut de cette façon espérer une sollicitation plus globale des différentes filières.

Le *Travail Statique Intermittent* (TSI), caractérisé par la notion d'intermittence de phases de travail et de repos, permet pendant la période de repos une réoxygénation musculaire en levant le garrot artériel provoqué par une contraction supérieure à 20 % de la force maximale. De ce fait, il correspond à la sollicitation des processus aérobies et, dans ce cadre, sera pratiqué en alternant de courtes périodes de travail (environ 10 secondes) avec des seuils de résistances largement inférieurs à 50 % de la force maximale et des périodes de repos de 20 secondes permettant la réoxygénation musculaire. Le TSI est une technique favorisant l'endurance à bas niveau d'intensité.

Le travail statique est effectué préférentiellement en légère flexion du genou, ce qui correspond au secteur angulaire par lequel la stabilisation musculaire est la plus sollicitée. Un secteur de flexion plus marqué peut être choisi sachant qu'il diminue la contrainte de laxité antérieure mais augmente la pression patellaire. Les priorités doivent être définies en fonction des éléments générateurs de laxité (état de la corne postérieure du

ménisque médial, coque condylienne médiale, fibres ménisco-tibiales) et l'état cartilagineux de la patella.

Le travail des derniers degrés d'extension est pratiqué soit en chaîne cinétique fermée, soit inclus dans le travail d'extension en mode dynamique isocinétique.

- *Travail dynamique*

Travail dynamique isocinétique (voir chapitre spécial isocinétique)

Travail dynamique par la méthode de Kabat. — Largement utilisée par certains auteurs [11], la technique de Kabat nous semble d'un intérêt limité aux lésions du LCP et aux structures capsulo-ligamentaires postérieures pour le travail de l'extension (schémas brisés et pivot d'insistance genou). Concernant la lésion du LCA, le travail de l'extension élimine toute résistance par prise de mains distales. Le travail de la flexion ne pose pas de problème technologique de prise de mains (fig. 3-9). Son intérêt avec des prises de mains adaptées peut se limiter à un exercice d'entretien tridimensionnel en chaîne ouverte des muscles de la hanche.

❒ Exercices en chaîne cinétique fermée

Le terme de chaîne cinétique fermée (CCF) a été proposé par Steindler [35] en 1973 ; contrairement à la chaîne cinétique ouverte (CCO), la CCF considère le segment distal comme point fixe. Son utilisation en rééducation du genou a



FIG. 3-9. *Travail des fléchisseurs du genou après chirurgie du LCA selon la technique de Kabat.*

fait l'objet de nombreux travaux récents pour en déterminer ses avantages, ses modalités et principes [12, 15, 19, 23, 24, 26, 36, 39, 42].

Les exercices en CCF augmentent les forces de compression articulaires mais diminuent la translation antérieure du tibia si on les compare aux exercices en CCO pour l'extension du genou [19, 36, 39, 41, 42]. Deux théories sont généralement admises pour expliquer la diminution des contraintes sur le LCA durant les exercices en CCF :

1) *Le contrôle dynamique des ischio-jambiers* [13, 21, 23, 40], car ce sont des muscles polyarticulaires (qui jouent un rôle sur la hanche et le genou) et, durant les exercices de remise en charge (ex. : squats), une contraction importante des ischio-jambiers est générée pour stabiliser la hanche et secondairement le genou; ceci est d'autant plus important que le sujet fléchit à la fois la hanche et le genou (position du «canard-debout» : duck-standing) (fig. 3-10).

2) *L'augmentation des forces de compression* et donc de friction fémoro-tibiale diminue les contraintes sur le LCA en tant que frein primaire [15, 16, 39, 41].

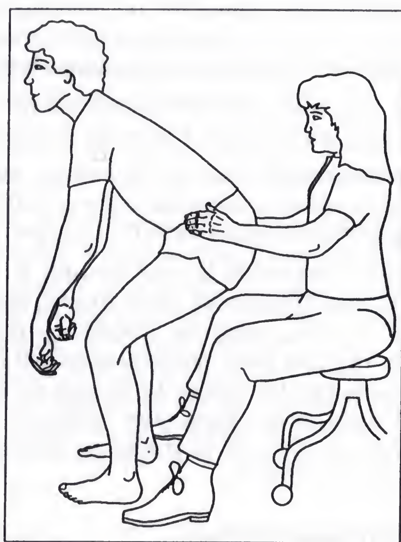


FIG. 3-10. *Position «duck-standing».* Le thérapeute contrôle la charge sur les deux membres inférieurs en conservant une flexion du tronc pour recruter en co-contraction les ischio-jambiers.



Fig. 3-11. *Leg-press avec ses accessoires.* L'angle de flexion/extension peut être réglé ainsi que la charge en fonction des objectifs déterminés par le thérapeute.

Cette rééducation est effectuée en appui pied au sol, position dans laquelle le choix de l'intensité entre appui bi- ou monopodal est limité. Cette rééducation relève en fait de la reprogrammation sensori-motrice dans un programme de stabilisation statique ou dynamique lent du genou.

La diminution de l'intensité peut être approchée par l'exécution de ces appuis en piscine avec des hauteurs d'immersion variables.

De manière plus rationalisée afin de rechercher une amélioration du potentiel musculaire mais avec une diminution des afférences sensorielles par rapport à l'appui pied au sol, le travail sur *leg-press* peut être proposé.

La leg-press est une machine où le sujet travaille à charge constante en chaîne cinétique fermée (position de squat couché) dans un secteur angulaire choisi (fig. 3-11). Le sujet est installé en position couchée sur l'engin, mobile sur rails, les pieds prennent appui sur la plate-forme et les épaules sont bloquées par des butées. Le dossier est inclinable et permet de faire varier l'angle tronc-cuisse pour solliciter ou non les ischio-jambiers (fig. 3-12). Le choix de la charge est déterminé en fonction de l'objectif et du stade d'évolution.

• ***Principes d'utilisation de la leg-press***

Choix de la position des segments de membres

1. *Pieds*

– appui bipodal ou monopodal;
– en rotation neutre ou interne ou externe;
– pied(s) à plat ou pointe(s) du pied pour travailler le triceps sural;

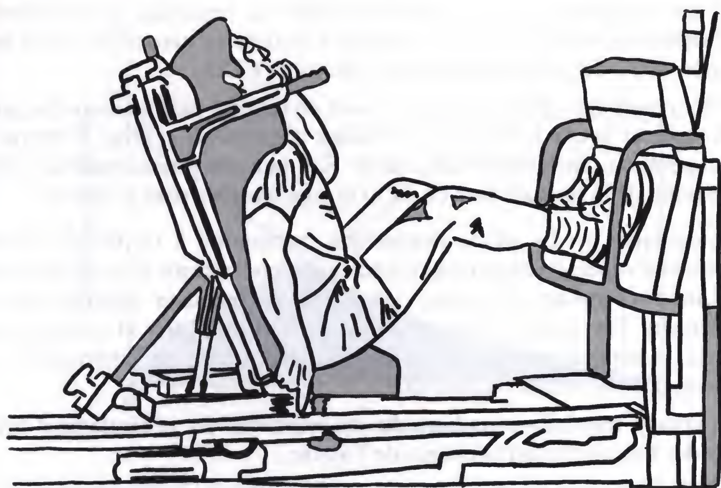


FIG. 3-12. *Le dossier est redressé de façon à augmenter la tension des ischio-jambiers et diminuer la translation antérieure du tibia.*

– pied(s) fixe(s) sur plate-forme ou décollé(s) pour impulsion/amortissement (rééducation pliométrique progressive).

2. *Genoux.* — Choix du secteur angulaire spécifique par utilisation de butées qui permettent de travailler dans une amplitude articulaire autorisée.

3. *Hanches et tronc.* — Les muscles sont recrutés sur un mode de chaîne parallèle qui entraîne un recrutement important de force musculaire. Plus la flexion de(s) hanche(s) est importante, plus la participation des ischio-jambiers, protégeant le tiroir antérieur du genou (utile dans la progression de la rééducation du LCA opéré) est proportionnellement importante. Le grand fessier, maillon de la chaîne d'extension, est davantage recruté en flexion de hanche ainsi que les ischio-jambiers. A moment égal d'extension, la participation du quadriceps au sein de la chaîne d'extension diminue et l'équilibre de tension sur le tibia est ainsi retrouvé dans le sens des ischio-jambiers.

Dans ces conditions, la press-leg peut être utilisée précocement dans les suites d'une ligamentoplastie de LCA selon un mode contractile statique en appui bipodal.

• ***Choix du mode contractile***

Statique. — En solidarisant l'assise de la leg-press avec la plate-forme par un système de câble inextensible réglable en longueur dans lequel est

inclus le capteur de force, il est possible de reprendre les principes de l'évaluation statique, de la récupération de la force maximale et de l'endurance décrit dans les chapitres précédents en CCO.

Cette possibilité effectuée précocement en bipodal puis en unipodal permet de replacer le quadriceps dans la chaîne d'extension et ainsi d'obtenir une récupération plus globale de celle-ci. Son indication nous semble complémentaire de la récupération en CCO et superposable dans le temps.

Dynamique. — Le mode dynamique correspond à un travail combiné associant successivement une contraction concentrique et un retour excentrique pour freiner la charge. Un temps de maintien statique peut être intercalé. Travaillant à charge égale, et à vitesse aller et retour équivalente, la tension musculaire du temps concentrique est supérieure à celle développée au retour excentrique.

La course musculo-articulaire de ces exercices est généralement limitée par des butées réglant la course de l'assise.

Les qualités musculaires entraînées dépendent de la charge opposée, du nombre de répétitions et de séries. La force maximale dynamique, la vitesse et l'endurance sont développées selon les caractéristiques présentées dans le tableau 3-II. L'endurance dynamique favorise la récupération des volumes musculaires.

Les qualités contractiles de vélocité de propulsion et d'amortissement peuvent également faire l'objet d'un entraînement sur leg-press par propulsion de l'assise avec décollement du ou des pied(s) de la plateforme suivie de l'amortissement en retour.

Tableau 3-II. *Le programme de renforcement musculaire tient compte du but recherché. Le nombre de répétitions en fonction de la charge maximale favorise le choix du type de force à améliorer*

Type de force	Force endurance	Force vitesse	Force maximale
Charge maximale	30 à 50%	50 à 75%	80 à 100%
Répétition	20 à 25	8 à 12	1 à 3
Mode	Lent	Rapide	Explosif
Séries	4 à 6	2 à 3	1

Pour Wilk [41] : «La leg-press (0-60°) et le mini-squat (0-40°) sont des techniques essentielles à utiliser dans la rééducation précoce de la chirurgie du LCA car cela diminue les forces de translation et les contraintes sur le LCA» (fig. 3-13).

Ces exercices peuvent débuter dès les premiers jours postopératoires car, contrairement à ceux effectués en CCO (qui eux sont moins contraignants

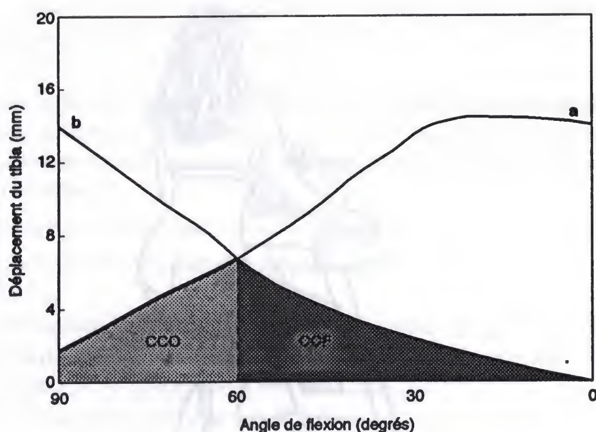


Fig. 3-13. *Déplacement du plateau tibial lors de l'extension active du quadriceps* (avec une résistance distale égale à 25 % du poids corporel : courbe a) comparé à un exercice type squat (avec charge égale à 25 % du poids corporel : courbe b) pour les insuffisances du LCA. Il est à noter qu'en CCF les contraintes sont diminuées de 60/0/0 et en CCO de 90/60/0 montrant la complémentarité des deux types de renforcement pour protéger le LCA (adapté d'après Wilk).

de 90 à 40° de flexion) ils autorisent un travail musculaire en extension active résistée avec un minimum de contraintes sur le LCA ou sa reconstruction.

Il est important de savoir que le travail précoce en CCF permet de compléter avantageusement la récupération musculaire en CCO mais qu'il comporte des contre-indications majeures liées à la pente tibiale exagérée, à l'état des formations postéro-médiales, aux fibres ménisco-tibiales et à l'état méniscal. En effet, Shoemaker [32] a montré dans sa pratique l'exagération de la laxité antérieure en compression à la fois par détérioration méniscale et par augmentation de la compression. Les contre-indications liées aux souffrances cartilagineuses fémoro-tibiales et fémoro-patellaires restent évidemment valables pour l'utilisation dynamique de la leg-press.

Henning [15] a étudié l'élongation relative du LCA lors de la course, de la marche, du saut et de la bicyclette et a montré l'absence d'effet de contraintes sur le LCA en chaîne semi-fermée (bicyclette). Ainsi l'utilisation d'une bicyclette ergométrique ou d'un système de « step-machine » est un complément judicieux car il permet un travail dynamique en coordination avec contrôle de la vitesse et de la résistance (fig. 3-14). Cet entraînement permet également un réentraînement cardio-respiratoire avec enregistrement des pulsations cardiaques.



FIG. 3-14. *Utilisation d'une « step-machine » pour amélioration de la coordination neuromotrice, avec vitesse et résistances contrôlées.*

REPROGRAMMATION SENSORI-MOTRICE ET RÉÉDUCATION DITE PROPRIOCEPTIVE

Le potentiel musculaire étant suffisamment développé, son exploitation nécessite la mise en situation de déclenchement et d'utilisation à partir d'informations sensorielles traduisant les conditions habituelles de fonctionnement de l'ensemble musculaire. Ceci sous entend que la reprogrammation peut débuter très précocement pour certaines sollicitations.

Par ailleurs, la distinction entre exercices de développement du potentiel musculaire et exercices de reprogrammation sensori-motrice est quelquefois plus théorique que réelle.

La reprogrammation sensori-motrice a pour but de placer le patient dans les conditions d'informations sensorielles propres au déclenchement et à l'exécution de ses principaux programmes moteurs, et en particulier les programmes moteurs liés à l'activité sportive. Dans ce cadre, le cahier des charges biomécaniques impose de restreindre le contexte environnemental

définitif (impossibilité de placer un skieur sur la piste avant cicatrisation du transplant de LCA) et de proposer des exercices reprenant le maximum d'informations sensorielles spécifiques dans la limite définie par ce cahier.

Le rééducateur interviendra essentiellement dans l'étape de reprogrammation sensori-motrice intermédiaire; le geste sportif sera pratiqué par le sportif dans ses conditions habituelles de pratique sportive ou en présence de son entraîneur.

Les principaux programmes moteurs que nous pouvons retenir sont :

– la stabilisation statique (exemple : pied d'appui lors du shoot du footballeur);

– la stabilisation dynamique du genou (exemple : propulsion sur saut);

– la capacité d'amortissement (exemple : amortissement en réception monopodale);

– le haut rendement cinétique en extension (exemple : shoot du footballeur).

Les principaux critères d'établissement d'un programme de reprogrammation du genou sont rapportés dans le tableau 3-II. Leur sélection est faite en tenant compte du niveau de cicatrisation du ligament, ou de son transplant, de la pratique sportive du patient et du contexte douloureux ou inflammatoire du genou. Quelques exemples d'application sont rapportés sur les figures 3-15, 3-16 et 3-17.

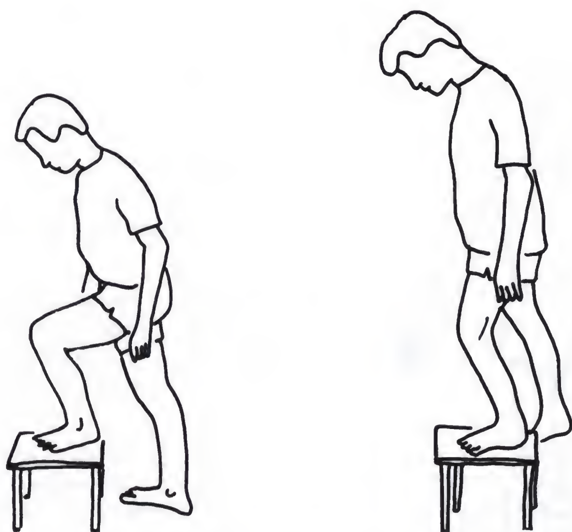


FIG. 3-15. *Stabilisation dynamique du genou dans le plan sagittal (sans contraintes rotatoires) par ascension d'une marche d'escalier.* Paramètres réglables : vitesse d'exécution et contrôle visuel, la course musculo-articulaire est réglée par le choix de la hauteur du marche-pied.

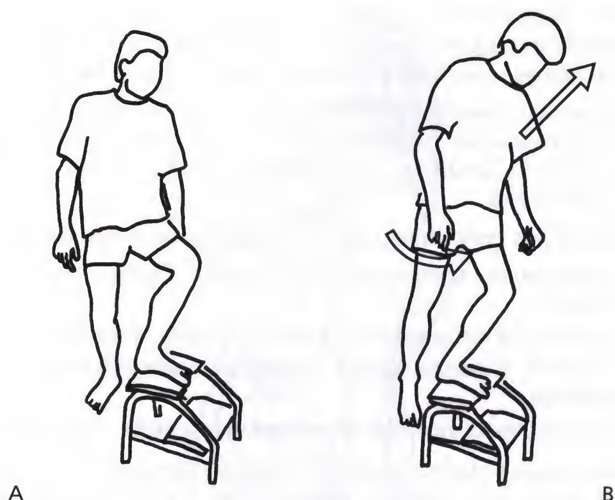


Fig. 3-16. *Stabilisation dynamique tridimensionnelle du genou avec contraintes rotatoires et de latéralité*. Position de départ A : le genou est fléchi, en rotation externe et valgus. Position d'arrivée B : le genou est proche de l'extention avec correction des contraintes rotatoire externe et valgisante. Les paramètres de réglages et de progression sont identiques à la figure précédente.



Fig. 3-17. *Travail d'équilibre bipodal sur plateau déstabilisant.* La rapidité et « l'acuité » musculaires sont déterminées par l'instantanéité du déséquilibre et par sa programmation aléatoire.

Tableau 3-III.

Vitesse d'exécution	– lente – modérée – rapide
Chaîne cinétique	– ouverte – semi-fermée (mono- ou bipodale) – fermée (mono- ou bipodale)
Course musculaire	– interne – moyenne (secteur de force) – externe
Mode contractile	– excentrique – concentrique – statique – combiné (type pliométrique par exemple)
Motricité	– réflexe – automatique – volontaire (informations psychosensorielles)
Voies d'informations sensorielles	
– extéroceptives	– vue – ouïe (commandements verbaux ou non) – toucher (zone de contact : appui taligrade, digitigrade...)
– Intéroceptives	– vestibulaire – récepteurs articulaires (*) – récepteurs musculo-tendineux (*)

(*) Étude détaillée des récepteurs articulaires, musculaires et tendineux [33].

Les moyens classiques (plateaux instables, plateaux à bascule, trampoline, escarpolette, gyroplan...) ne sont en général que des relais instrumentaux de mise en applications de certains critères définis dans le tableau 3-III et en aucune manière le résumé obligatoire de la rééducation dite proprioceptive.

Les phases gestuelles de mise en activité musculo-articulaire étant naturellement composées de phases d'accélération et de décélération, leur entraînement ne correspond pas à l'entraînement isocinétique, technique de développement du potentiel musculaire dynamique. Aussi, bien souvent, faute de matériel isocinétique fort coûteux, la phase de réentraînement dynamique est confondue avec la phase de rééducation dite proprioceptive beaucoup plus riche en stimulations sensorielles. Cette phase dynamique est également beaucoup plus favorable pour augmenter

le temps de réaction [2] que la phase d'entraînement statique. Malgré la diminution du temps de réaction musculaire liée à un entraînement dit proprioceptif intensif, celui-ci reste supérieur au temps d'établissement d'une lésion ligamentaire et donne, de ce fait, à l'entraînement proprioceptif préventif des limites infranchissables (le temps de contraction musculaire suffisant est presque dix fois supérieur à celui du début de mise en contrainte du ligament) [31].

RÉCUPÉRATION DE L'EXTENSIBILITÉ MUSCULAIRE

Dans un second temps, la récupération musculaire doit éventuellement tenir compte d'un réajustement de la qualité d'extensibilité musculaire. Cette diminution de longueur disponible peut relever d'un état préopératoire voire même prélésionnel ou être la conséquence d'une immobilisation, d'un phénomène algique dans les semaines ou mois postopératoires, du renforcement musculaire, surtout dynamique concentrique, ou d'un ajustement par port d'une talonnette.

Une anomalie de longueur entraîne certainement une perturbation cinésiologique des mouvements sportifs, de leur amplitude extrême et l'installation pathomécanique de tensions génératrices de dysfonctionnements articulaires (vertébral ou autres).

D'une manière didactique, nous excluons de ce chapitre les techniques de véritable gain articulaire traitées dans le chapitre 2 (contracté-relâché, étirement).

La finalité de cette intervention est donc de réharmoniser la longueur des différents groupes musculaires intégrés dans les chaînes musculaires du genou (fig. 3-18). Pour ce faire, des tests d'extensibilité précis et objectifs portant sur les muscles droit de la cuisse, ischio-jambiers, gastrocnémiens, fascia lata, adducteurs, psoas-iliaque et spinaux longitudinaux révèlent les asymétries par référence controlatérale ainsi que les raideurs manifestes.

La démarche thérapeutique de réharmonisation visera, à l'issue de cette identification et de cette évaluation, à proposer des étirements segmentaires portant principalement sur les groupes musculaires enraidis (fig. 2-6, 3-19 et 3-20) et, secondairement, des postures globales afin de réintégrer cette mise en tension au sein de la chaîne musculaire.

Les modalités pratiques et méthodologiques des étirements consistent à placer le groupe musculaire en position d'étirement maximal et à solliciter de manière active ou passive le muscle à étirer.

Le muscle peut être étiré passivement par les muscles antagonistes ou le poids d'un segment corporel. L'action portera alors essentiellement sur les éléments parallèles (nappes conjonctives de recouvrement et de renforcement des insertions).

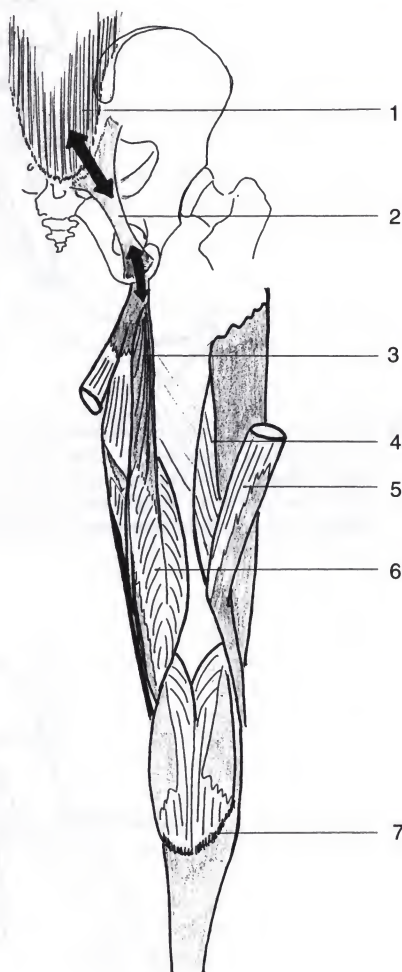


FIG. 3-18. *Le genou dans la chaîne musculaire postérieure.*
1 : muscles spinaux longs (longissimus et ilio-costal). 2 : ligament sacro-tubéral (grand ligament sacro-sciatique). 3 : travée conjonctive d'insertion du semi-membraneux. 4 : biceps fémoral - chef court. 5 : biceps fémoral - chef long. 6 : corps musculaire du semi-membraneux. 7 : gastrocnémiens.

L'étirement peut être actif en demandant au sujet, après une mise en étirement maximale du muscle, une contraction (position de course externe) pour solliciter davantage des éléments séries (organisations tendineuses, jonctions myotendineuses, filaments unitaires des fibres et faisceaux musculaires).

Enfin l'alternance des deux modes permet d'ajouter au temps passif l'inhibition neurologique secondaire à une contraction et ainsi d'obtenir un gain supérieur.



Fig. 3-19. *Étirements des ischio-jambiers.* Le membre inférieur est tendu en veillant à ne pas placer le genou en extension totale mais à respecter un très léger flexum pour détendre la capsule postérieure. L'étirement est obtenu en inclinant le tronc en avant. Le degré de flexion dorsale du pied intègre plus ou moins à l'étirement des ischio-jambiers celui des gastrocnémiens.



Fig. 3-20. *Étirements gastrocnémiens.* Le pied est bien placé perpendiculairement au mur d'appui. Le genou est tendu et le talon repose bien sur le sol. L'étirement est obtenu par avancée du genou controlatéral vers le mur qui entraîne une inclinaison du segment jambier postérieur.

BIBLIOGRAPHIE

[1] ASTRAND P.O., RODAHL K. — *Précis de physiologie de l'exercice musculaire.* Masson, Paris, 1980.

[2] BARRACK R.L., SKINNER H.B. — *The sensory function of knee ligaments in knee ligaments.* Raven Press, New York, 1990.

[3] BONNIN M. — *La subluxation tibiale antérieure en appui monopodal dans les ruptures du LCA. Étude clinique et biomécanique.* Thèse doctorat médecine, Lyon, 1990.

[4] BONNEL F. — Anatomie de l'appareil extenseur du genou. *In : L'appareil extenseur du genou.* Masson, Paris, 1985.

[5] CHATRENET Y. GÉRARD S., XAMBEU V. — Électro-stimulation du quadriceps. Étude de la fréquence sur la force maximale recrutée. *Kinésithérapie scientifique,* 1994, *336*, 5-11.

[6] CHATRENET Y., LEMOINE J. — L'appui monopodal en rééducation proprioceptive dans la chirurgie du LCA. *In : Journée de la société dauphinoise de médecine du sport,* Grenoble, 1993.

[7] CHATRENET Y. — Récupération de la force musculaire des fléchisseurs du genou par sollicitations dynamiques excentriques. *Ann. kinésithér.,* 1982, *9*, 319-329.

[8] CHATRENET Y. — Mesures des pertes de force musculaire après chirurgie du LCA. Analyse comparative selon les différents types d'intervention. *In : Les instabilités antérieures du genou.* GERRF, Lyon, 1988.

[9] COMETTI G. — *La pliométrie.* Imprimerie universitaire, Dijon, 1988.

[10] DUVALLET A. *et al.* — *Lactates et exercices musculaires.* Chiron, Paris, 1987.

[11] ENGLE R.P. — *Knee ligament réhabilitation.* Churchill Livingstone, New York, 1991.

[12] FRENDAK P.A., BERASI C.C. — Rehabilitation concerns following anterior cruciate ligament reconstruction. *Sports Med.,* 1991, *12*, 338-346.

[13] GIOVE T.P., MILLER S.J., KENT B.E. — Non-operative treatment of the torn anterior cruciate ligament. *J. Bone Joint Surg.,* 1983, *65*A, 184-192.

[14] GROOD E.S., STOWERS S.F., NOYES F.R. — Limits of movement in the human knee. Effect of sectioning the posterior cruciate ligament and posterolateral structures. *JBJS,* 1988, *70*A, 1, 88-97.

[15] HENNING C.E., LYNCH M.A., GLICK K.R. — An *in vivo* strain gauge study of elongation of the anterior crucate ligament. *Am. J. Sports Med.,* 1985, *13*, 22-26.

[16] KALUND S., SINKJAER T. *et al.* — Altered timing of hamstring muscle action in anterior cruciate ligament deficient patients. *Am. J. Sports Med.,* 1990, *18*, 245-248.

[17] KERKOUR K. *et al.* — *Isocinétisme et renforcement musculaire.* « Rééducation, 1988 ». Expansion scientifique française, Paris, 1988.

[18] LECLERC J.L., RACHET O. — Le renforcement musculaire après chirurgie des ligaments croisés du genou. *Ann. Kinésithér.,* 1984, *11*, 3, 103-109.

[19] LUTZ G.E. — Comparison of tibio-femoral joint forces during open kinetic chain exercices. *J. Bone Joint Surg.,* 1993, *75A*, 732-739.

[20] MONOD H., FLANDROIS R. — *Physiologie du sport.* Masson, Paris, 1984.

[21] MORE R.C., KARRAS B.T. *et al.* — Hamstring and anterior cruciate ligament protagonist *in vitro* study. *Am. J. Sports Med.,* 1993, *21*, 231-237.

[22] MULLER W. — *The knee form function reconstruction.* Springer Verlag, Berlin, 1983.

[23] O'CONNOR J.J. — Can muscle co-contraction protect knee ligaments after injury or repair? *J. Bone Joint Surg.,* 1993, *75*B, 41-47.

[24] PALMITTIER R.A., AN K.N., CHAO EYS. — Kinetic chain exercise in knee rehabilitation. *Sports Med.*, 1991, *11*, 402-413.

[25] PENINOU G. — La musculation s'emballe : compte rendu de thèse. « Contribution à l'optimisation de l'activité fonctionnelle des muscles du membre inférieur en rééducation ». *Kiné actualité*, 1994, *528*, 8-10.

[26] PUIG P., TROUVE P., MIDDLETON P. — *Le travail en chaîne cinétique fermé dans la rééducation des ligamentoplasties intra-articulaires du genou.* « Actualités en rééducation fonctionnelle et réadaptation », 19e série. p. 53-46, Masson, Paris, 1994.

[27] PIERRON G. — Conception biomécanique de la rééducation des lésions du plan interne. *In : Les lésions ligamentaires récentes.* Journées de médecine et rééducation de l'est parisien, 1992.

[28] PIERRON G., LE ROUX P., DESMARAIS J.J. — Piégeages articulaires et musculaires. *Ann. Kinésithér.*, 1992, *19*, 219-223.

[29] PLAS F. *et al.* — Renforcement et entraînement musculaire. *Encycl. Méd. Chir. kinésithérapie*, 26055 A10, 4-9-12, 16 p.

[30] POCHOLLE M., JOLY B., HENRION G. *et al.* — Intérêts des courants excito-moteurs dans la récupération de la force du quadriceps avec prothèse du genou. *Ann. Kinésithér.*, 1993, *20*, 7, 361-366.

[31] POPE M.H., JOHNSON R.J., BROWN D.W., TIGHE C. — The role of the musculature in injuries to the medial collateral ligament. *JBJS*, 1979, *61*A, 398-402.

[32] SHOEMAKER S.C. *et al.* — *JBJS*, 1986, *68A*, 71-79.

[33] SEYRES P. — L'innervation intratendineuse. *Annales de Kinésithér.*, 1992, *19*, 4, 225-231.

[34] STAUBLI H.U., BIRRER S. — The popliteus tendon and its fascicles at the popliteal hiatus : gross anatomy and functional arthroscopic evaluation with and without anterior cruciate ligament deficiency. *Arthroscopy*, 1990, *6*, 3, 209-220.

[35] STEINDLER A. — *Kinesology of the human body under normal and abnormal condition.* Springfield IL, Charles C. Thomas, p. 63, 1973.

[36] STEINKAMP L.A., DILLINGHAM M.F. *et al.* — Biomechanical considerations in patellofemoral joint rehabilitation. *Am. J. Sports Med.*, 1993, *21*, 438-444.

[37] TRIA A.J. Jr., JOHNSON C.D., ZAWADSKY J.P. — The popliteus tendon, *JBJS* (am.), 1989, *71*, 5, 714-716.

4 ISOCINÉTIQUE ET RÉÉDUCATION DU GENOU

Introduction

En 1967, Hislop H. et Perrine J. [30] ont introduit le concept d'exercice isocinétique qui permet un mode de contraction musculaire maximale en dynamique résisté dans toute l'amplitude du mouvement. La résistance est auto-adaptée à la force développée par le sujet, à vitesse angulaire constante choisie, avec contrôle du phénomène d'accélération-décélération du mouvement. Si le sujet effectue le mouvement à une vitesse inférieure à celle prédéterminée, il n'y a pas de résistance au mouvement.

La rééducation isocinétique nécessite l'acquisition d'un appareillage spécifique (mécanique, hydraulique ou électrique), de plus en plus sophistiqué et onéreux. Depuis l'obsolète Cybex II, de nouvelles machines ont fait leur apparition sur le marché, tant dans l'évaluation musculaire (tableau 4-I)

Tableau 4-I. *Les principaux dynanomètres isocinétiques d'évaluation pour les articulations périphériques*

Appareil	Modes	Vitesse maximale	Prix approximatif
Biodex	– Isocinétique - Concentrique - Excentrique – Isométrie – Isotonie – MPC*	 → 450°/s → 150°/s → 450°/s → 150°/s	460 000 FF
Cybex 6000	– Isocinétique - Concentrique - Excentrique – Isométrie – Isotonie – MPC*	 → 500°/s → 120°/s → 500°/s → 120°/s	560 000 FF
Kincom 500 H	– Isocinétique et isotonie - Concentrique - Excentrique – Isométrie – MPC*	 → 250°/s → 250°/s → 250°/s	460 000 FF

Tableau 4-I. *Les principaux dynanomètres isocinétiques d'évaluation pour les articulations périphériques* (suite)

Appareil	Modes	Vitesse maximale	Prix approximatif
Kincom AP	– Isocinétique et isotonie - Concentrique - Excentrique – Isométrie – MPC*	 → 250°/s → 250°/s → 250°/s	500 000 FF
Kintrex 1000	– Isocinétique - Concentrique - Excentrique – Isométrie – Isotonie – MPC*	 → 500°/s → 250°/s → 500°/s → 250°/s	380 000 FF
Lido active	– Isocinétique - Concentrique - Excentrique – Isométrie – Isotonie – MPC*	 → 400°/s → 250°/s → 500°/s → 250°/s	480 000 FF
Rev 7000	– Isocinétique - Concentrique – Isométrie – Isotonie – MPC*	 → 400°/s → 400°/s → 150°/s	220 000 FF
Rev 9000	– Isocinétique - Concentrique - Excentrique – Isométrie – Isotonie – MPC*	 → 400°/s → 400°/s → 400°/s → 150°/s	420 000 FF
Merac	– Isocinétique - Concentrique – Isométrie – Isotonie	 → 500°/s → 1 000°/s	?

* MPC = Mobilisation passive continue.

Les systèmes décrits ci-dessus ont chacun un développement des possibilités informatiques différent.

que pour la rééducation ou le fitness. L'évolution technologique a permis la mise au point de dynamomètres rotatoires isocinétiques fiables dans l'évaluation de la force musculaire, en mode concentrique et excentrique (à des vitesses angulaires pouvant atteindre 500°/s). Ces machines pouvant

être utilisées également en mode isométrique, isotonique, en mobilisation passive continue; en chaîne cinétique ouverte ou fermée.

Évaluer les différents paramètres de la force des muscles moteurs du genou a fait l'objet de nombreux travaux, tant chez le sujet sain [1, 2, 22, 23, 25, 26, 34, 41, 42, 45, 48, 53, 77, 84, 85] qu'en pathologie après lésions musculo-ligamento-tendineuses, méniscales avec ou sans traitement chirurgical [5, 9, 10, 15, 16, 19, 23, 27, 28, 36-40, 43, 46, 47, 49, 51, 52, 55, 56, 74, 87, 89, 92]. Cette évaluation musculaire peut se réaliser en position assise (fig. 4-4), semi-assise, en décubitus ventral ou dorsal et dans un secteur angulaire choisi. Le choix de la position d'évaluation est capital, ainsi que la stabilisation maximale du sujet afin d'obtenir des résultats fiables et reproductibles [16]. Les résultats sont transcrits sous formes de courbes (fig. 4-1) et de valeurs chiffrées (fig. 4-2), qui permettent une comparaison bilatérale pour mieux montrer un déficit ou une anomalie dans la qualité de la contraction musculaire.

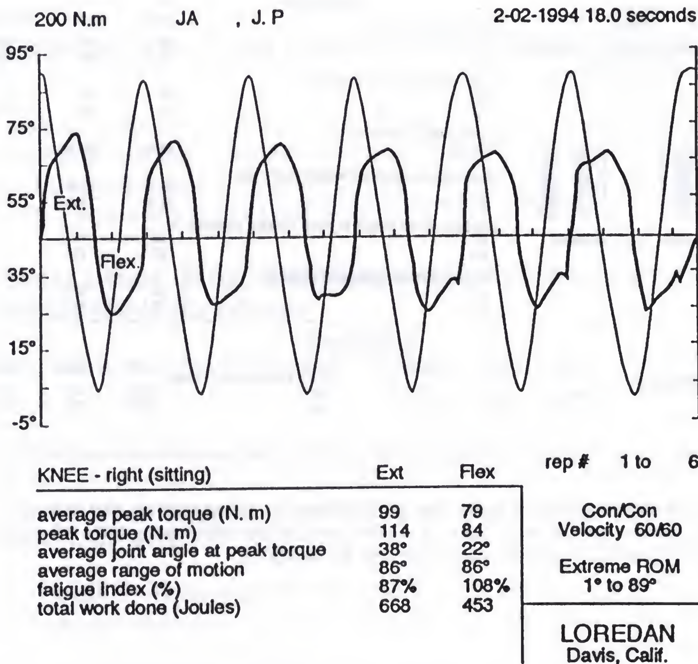
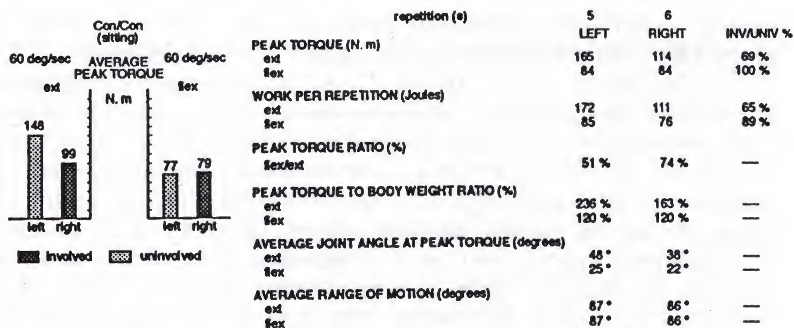


Fig. 4-1. *Ces courbes montrent l'évaluation de la force isocinétique concentrique des extenseurs et fléchisseurs du genou à la vitesse angulaire de 60°/s.*

STRENGTH



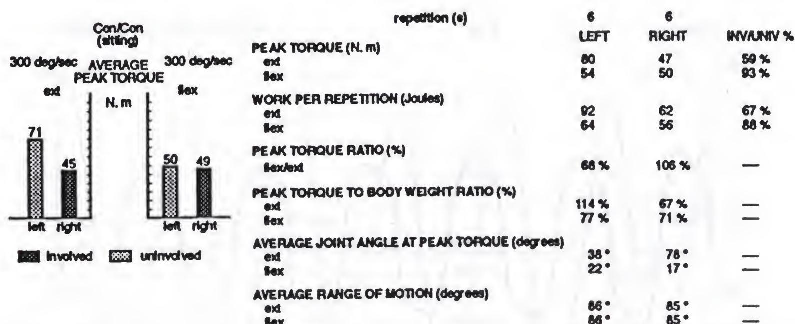
repetition (e)	5 LEFT	6 RIGHT	INV/UNIV %
PEAK TORQUE (N. m)			
ext	165	114	69 %
flex	84	84	100 %
WORK PER REPETITION (Joules)			
ext	172	111	65 %
flex	85	76	89 %
PEAK TORQUE RATIO (%)			
flex/ext	51 %	74 %	—
PEAK TORQUE TO BODY WEIGHT RATIO (%)			
ext	236 %	163 %	—
flex	120 %	120 %	—
AVERAGE JOINT ANGLE AT PEAK TORQUE (degrees)			
ext	48 °	38 °	—
flex	25 °	22 °	—
AVERAGE RANGE OF MOTION (degrees)			
ext	87 °	86 °	—
flex	87 °	86 °	—

ENDURANCE

FATIGUE INDEX (%)	LEFT	RIGHT	INV/UNIV %
ext	88 %	87 %	99 %
flex	105 %	108 %	103 %

TOTAL WORK DONE (Joules)	LEFT	RIGHT	INV/UNIV %
ext	860	668	78 %
flex	424	453	107 %

STRENGTH



repetition (e)	6 LEFT	6 RIGHT	INV/UNIV %
PEAK TORQUE (N. m)			
ext	80	47	59 %
flex	54	50	93 %
WORK PER REPETITION (Joules)			
ext	92	62	67 %
flex	64	56	88 %
PEAK TORQUE RATIO (%)			
flex/ext	68 %	106 %	—
PEAK TORQUE TO BODY WEIGHT RATIO (%)			
ext	114 %	67 %	—
flex	77 %	71 %	—
AVERAGE JOINT ANGLE AT PEAK TORQUE (degrees)			
ext	38 °	78 °	—
flex	22 °	17 °	—
AVERAGE RANGE OF MOTION (degrees)			
ext	86 °	85 °	—
flex	86 °	85 °	—

ENDURANCE

FATIGUE INDEX (%)	LEFT	RIGHT	INV/UNIV %
ext	88 %	99 %	113 %
flex	94 %	105 %	112 %

TOTAL WORK DONE (Joules)	LEFT	RIGHT	INV/UNIV %
ext	549	373	68 %
flex	380	335	88 %

FIG. 4-2. *Analyse chiffrée obtenue à l'évaluation comparative des extenseurs et fléchisseurs des genoux (sain et opéré par plastie intra-articulaire 10 mois post-opératoire) aux vitesses angulaires de 60 et 300°/s.*

La terminologie utilisée par les programmes informatiques est pratiquement toujours en anglais, ce qui dans certains cas peut être source de difficultés supplémentaires pour le néophyte (tableau 4-II).

Tableau 4-II. *Tableau des principaux termes utilisés en isocinétique*

Anglais	Français	Unité de mesure
Peak Torque (PT)	Moment maximal résistant (MMR)	Newton-mètre (Nm)
Average PT	Moyenne des MMR	Nm
Work	Travail	Joules (J)
Power	Puissance	Watts (W)
Torque Acceleration Energy (TAE)	Moment d'inertie	
Angle Joint at PT	Valeur angulaire anatomique au MMR	Degrés d'angle
Ratio	Rapport ou ratio	%
Range of Motion	Amplitude articulaire	Degrés d'angle
Gravity Correction	Correction de la gravité	

ISOCINÉTIQUE : ÉVALUATION ET RÉÉDUCATION

Avant de proposer un programme spécifique de rééducation musculaire isocinétique, adapté à chaque sujet et à l'évolution clinique de sa lésion, il faut réaliser des tests d'évaluation comparatifs sur divers modes et à différentes vitesses angulaires (voir tableaux 4-III et 4-IV).

Éléments utiles dans l'établissement d'un programme de rééducation du genou

Le moment maximal résistant (MMR). — Il correspond au pic de la courbe enregistrée (fig. 4-1). C'est la valeur la plus souvent étudiée et utilisée, tant pour les études que pour déterminer un pourcentage de charge pour le renforcement. Il est préférable d'utiliser la moyenne des MMR qui exprime une valeur plus proche des possibilités du sujet, surtout si ce MMR est rapporté au poids corporel (Peak-torque to body weight ratio %) (fig. 4-2).

Le travail. — Il correspond à la surface de la courbe. Il peut être étudié pour chaque répétition ou sur l'ensemble des répétitions réalisées. Pour Davies [12], si l'on effectue un test avec 20, 30, ou 40 répétitions maximales (en fonction des sujets à tester : sédentaires, sportifs, athlètes), c'est le meilleur indicateur de la capacité d'endurance pour un groupe musculaire donné (fig. 4-3). L'étude du travail total nécessite de toujours étudier

Tableau 4-III. *Protocole isocinétique pour l'évaluation*

1	Absence de contre-indication musculo-squelettique et cardio-vasculaire.
2	Échauffement général (vélo) + étirements actifs des groupes musculaires à évaluer.
3	Installation du sujet avec un maximum de stabilisation.
4	Alignement de l'axe de dynamomètre avec le centre de rotation du segment à évaluer.
5	Mise en place de la butée de poussée en fonction du choix du bras de levier.
6	Explication verbale au patient du concept isocinétique et des mouvements à effectuer.
7	Limitation du débattement articulaire en fonction de la pathologie et de l'articulation à évaluer.
8	Correction de la gravitation (en fonction de l'appareillage).
9	Échauffement (apprentissage) à basse vitesse (60°/s) : 10 répétitions (3 submaximales - 3 maximales).
10	Repos : 30 s à 1 min.
11	Test de la force maximale à basse vitesse (60°/s) : 5 à 6 répétitions (encouragement verbal).
12	Repos 2 min.
13	Échauffement (apprentissage) à haute vitesse angulaire (300°/s) : 10 répétions (3 submaximales - 3 maximales).
14	Repos 30 s à 1 min.
15	Test de la force maximale à haute vitesse angulaire (300°/s) : 5 à 6 répétitions (encouragement verbal).
16	Repos 2 min.
17	Test d'endurance à 120°/s sur 20, 30 ou 40 répétitions (selon le niveau physique).
18	Test du côté controlatéral (côté pathologique).
19	Sauvegarder les résultats pour analyse et comparaison.
20	Expliquer au patient les résultats obtenus.

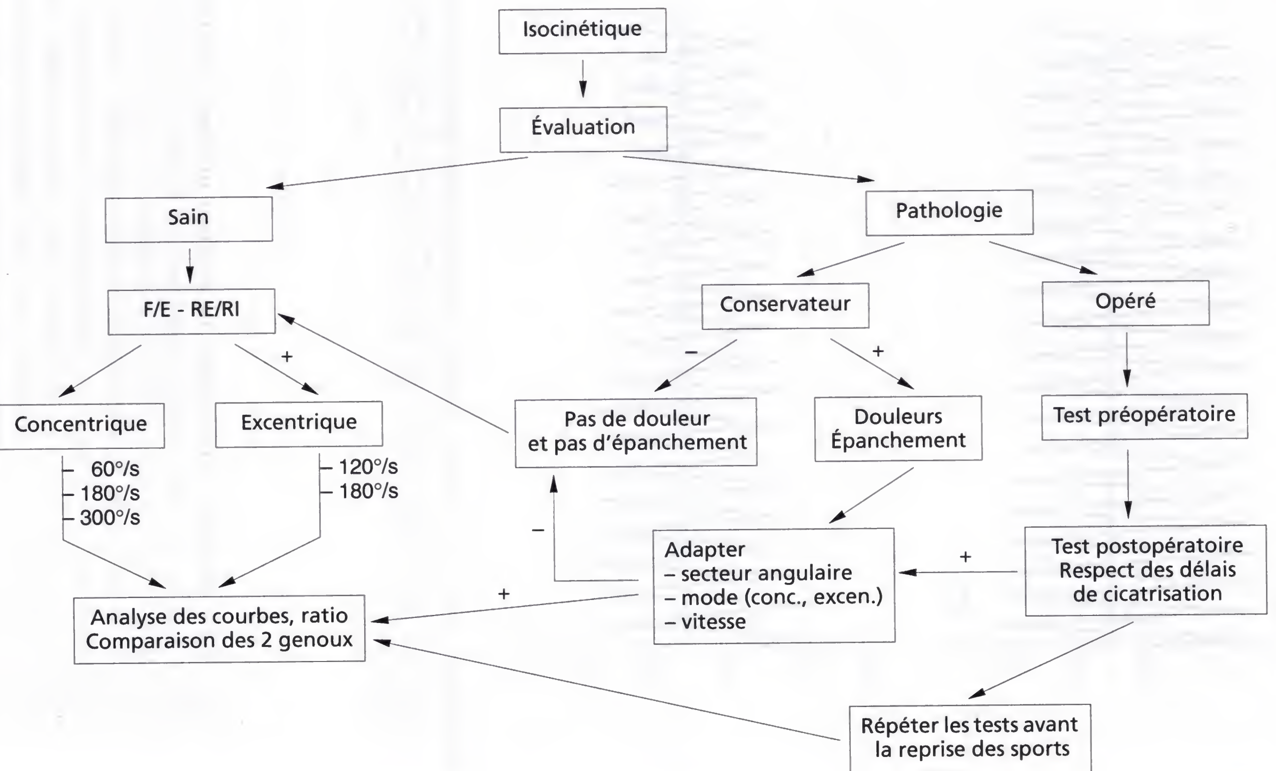
Remarque : selon l'appareillage acquis, un test en isocinétique excentrique peut être effectué. Au moins 2 séances d'apprentissage sont nécessaires pour obtenir des résultats interprétables. Dans le cadre d'une étude, seul un 2e test effectué quelques jours après le 1er, doit servir de base de référence.

la même amplitude articulaire si le test s'effectue de façon comparative et bilatérale.

Si nous analysons le travail fourni pendant les premiers 1/8 de seconde du mouvement (TAE), il exprime alors la « force explosive » du muscle.

La puissance. — Différentes recherches montrent que la corrélation du travail et de la puissance à partir du MMR est bonne tant chez le sujet sain que dans la pathologie du genou [38, 42, 59]. La puissance moyenne [20, 82], indépendante de la vitesse et de l'amplitude du mouvement, paraît être un indice très fiable, avec une reproductibilité (0,93 à 0,99) de la capacité du sujet à produire un effort sur l'amplitude totale du mouvement.

Tableau 4-IV. *Évaluation isocinétique comparative en pathologie du genou : côté sain/côté lésé en fonction du traitement proposé*



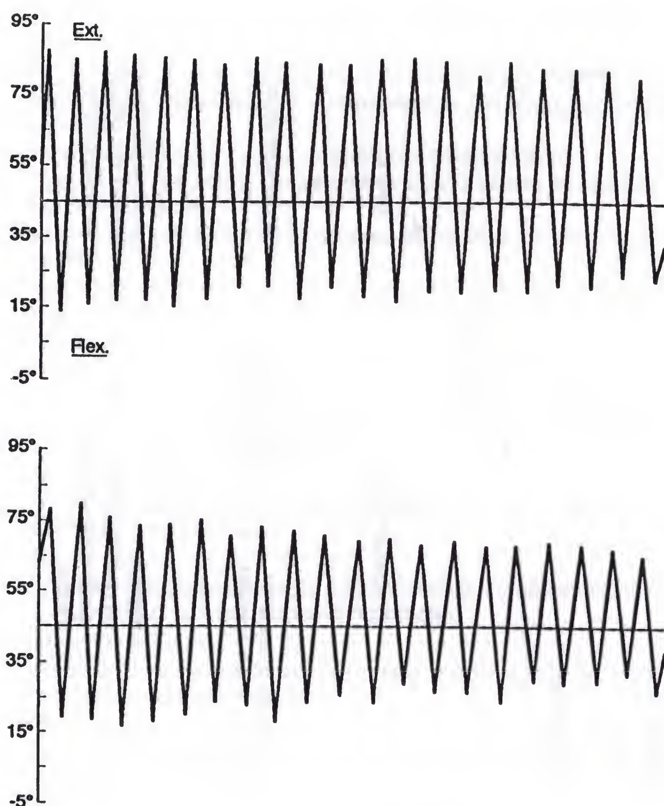


FIG. 4-3. *Ces courbes d'endurance, réalisées sur 20 répétitions maximales à 120°/s sur un mode concentrique, montrent une diminution linéaire de la force des extenseurs du genou opéré (même cas que fig. 3) avec un indice de fatigue important.*

La valeur angulaire anatomique au moment maximal résistant. — Elle représente la valeur angulaire pour laquelle le muscle développe son maximum de force (angle d'efficacité maximale). Cet angle varie en fonction de la vitesse du mouvement, du groupe musculaire étudié, de la position du sujet, de l'âge et du sport pratiqué. Pour le quadriceps, cet angle se situe entre 55 et 75° de flexion (à basse vitesse ce MMR est plus précoce qu'à haute vitesse angulaire) ; par contre, pour les ischio-jambiers, il est vers 30° de flexion à basse vitesse angulaire et 50° à haute vitesse angulaire [43, 45, 46].

Ratio antagoniste/agoniste. — Il étudie le rapport des MMR entre deux groupes musculaires opposés. Au niveau du genou, c'est le ratio ischio-jambiers/quadriceps (IJ/Q) qui est le plus souvent utilisé et, c'est un élément important pour permettre la reprise du sport [9, 27, 28, 46, 74, 87, 89]. Ce rapport doit être comparé au côté sain ou à des normes correspondantes (avec âge, taille, poids, sexe que certains programmes informatiques tels ceux développés par LIDO offrent aux usagers) en cas de côté non dominant, le déficit mesuré doit être inférieur à 10 % pour présenter un déficit réel. Ce ratio comparatif doit, bien entendu, être étudié dans les mêmes conditions de test pour être validé. Nous avons montré [24, 46, 47] que le ratio IJ/Q se situe à basse vitesse angulaire (0,5-0,6) et à haute vitesse (0,7-0,8), ce rapport est perturbé dans les lésions du LCA [23, 27, 28, 37, 38, 46, 47, 74].

Pour Fossier [79], les ratios devraient être calculés à partir de la puissance moyenne et non du MMR car, c'est une évaluation plus fiable. Pour Perrine [67], le groupe I/J joue un rôle de décélération en excentrique, lors de l'extension active du genou et, il serait judicieux d'étudier le rapport Q concentrique/IJ excentrique.

Ce ratio s'étudie également par rapport au poids corporel.

L'amplitude articulaire du mouvement. — Elle peut être totale ou partielle tant dans l'évaluation que dans le programme de rééducation (voir paragraphe travail total). Lors d'un réentraînement isocinétique de part et d'autre d'un secteur douloureux, il existe un phénomène de débordement ou « overflow » [4, 12, 82] qui va permettre un gain de force dans le secteur angulaire douloureux et déficitaire, mais également sur d'autres vitesses non utilisées car contraignantes. Si l'on renforce le côté sain, on obtient également un gain de force du côté opposé [31]. La limitation de l'amplitude dépend du type de lésion et de son traitement (comme dans le cas particulier de la reconstruction du LCA ou le thérapeute veut éviter les 20 ou 30 derniers degrés d'extension qui peuvent être contraignants pour le néoligament, surtout avec application distale de la résistance [5, 49, 75, 87, 89]).

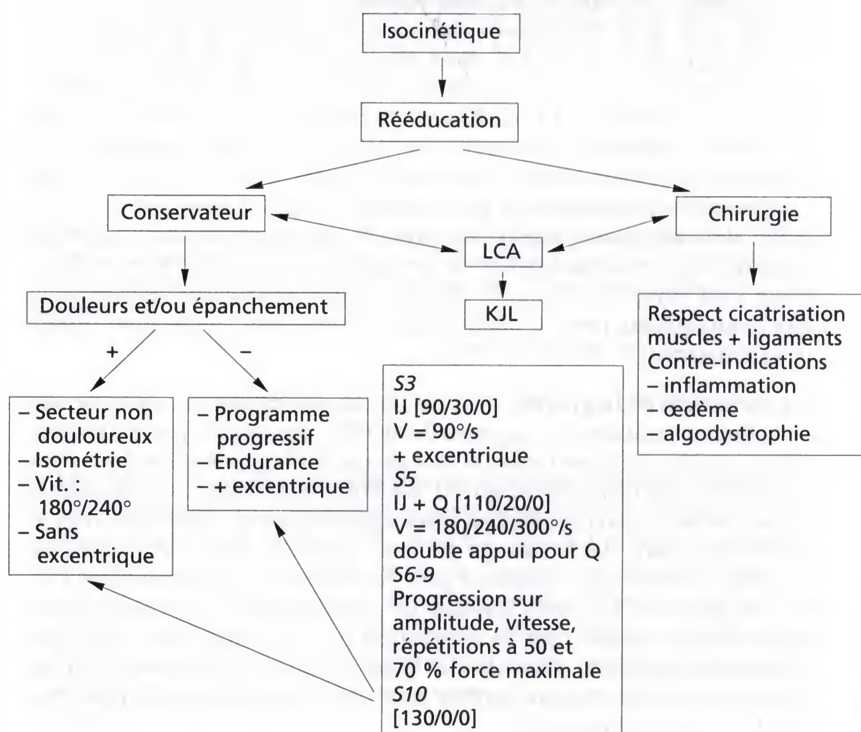
La correction de la gravité. — C'est un élément capital lors de la mesure de la force musculaire. Le segment de membre est « pesé » par le dynamomètre (en décontraction totale) et ceci permet d'obtenir des valeurs fiables de la force musculaire [8, 18, 66, 72, 84, 90]. Si une erreur est faite dans la correction de la gravité, cela fausse tous les résultats et, il est alors impossible de comparer des études qui ont tenu compte de cette correction avec les autres, surtout qu'il existe en plus des différences intermachines [24, 64, 79, 86, 90, 91], d'où la disparité des ratios publiés et la contradiction entre certaines études qui ne comparent pas la même chose dans des conditions similaires. Lors de l'évaluation de la flexion/extension du genou, le poids du segment jambier étant déduit proportionnellement pour les IJ et, est ajouté pour le Q.

Considérations dans le cadre de tests (tableau 4-III) et de la rééducation du LCA (tableaux 4-IV et 4-V)

❒ Échauffement

Avant chaque test, un échauffement général (vélo, footing…) ainsi que quelques exercices d'étirements actifs des muscles à évaluer sont conseillés, afin de mieux préparer le système cardio-vasculaire et musculo-ligamentaire à réaliser un effort maximal. Des contractions submaximales et maximales à la vitesse choisie pour le test sont nécessaires avant la mesure de la force [34]. Kues *et al.* [53] montrent qu'une à deux séances de familiarisation avec le système isocinétique sont conseillées avant de faire une mesure isocinétique valide (phénomène d'apprentissage).

Tableau 4-V. *Protocole de rééducation après traitement conservateur ou chirurgie du LCA*



❐ **Installation du sujet** (fig. 4-4)

Le choix de la position d'évaluation assise, semi-assise, décubitus ventral ou dorsal se fera en fonction du but recherché. La plupart des protocoles utilisent la position assise, bassin et cuisses sanglés ; selon les appareils, il est possible de stabiliser le tronc et le membre controlatéral. Les membres supérieurs peuvent être croisés sur la poitrine ou tenir des poignées, dans ce cas la force développée sera supérieure (à préciser dans les protocoles). L'axe du dynamomètre doit être aligné avec le centre de rotation de l'articulation à tester. Cette opération est à réaliser avec la plus grande minutie.

La mise en place du bras de levier avec sa butée de poussée, qui s'attache sur le segment jambier va créer le moment résistant du couple de force transmis par le muscle moteur ; plus la distance entre le centre de rotation de l'articulation et cette butée est éloignée, plus la force développée sera grande. Jurist [33], Nissel [61] mesurent la force isocinétique développée par le quadriceps, et montrent qu'une butée placée proximalement (tubérosité tibiale antérieure : TTA) permet un développement de force musculaire significativement moins important qu'avec une butée placée en sus-malléolaire, mais l'intérêt majeur est la diminution de la composante de tiroir antérieur (fig. 4-5*a*, *b*, *c*), élément essentiel dans la rééducation du LCA. Ponzo [70] montre, sur une étude radiologique en

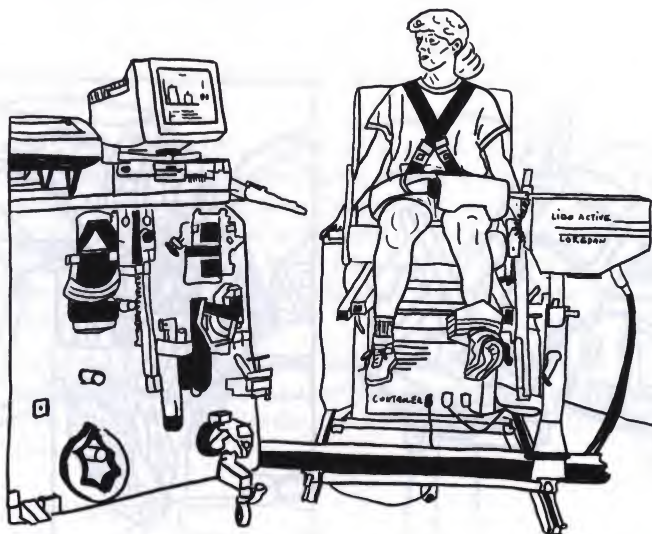
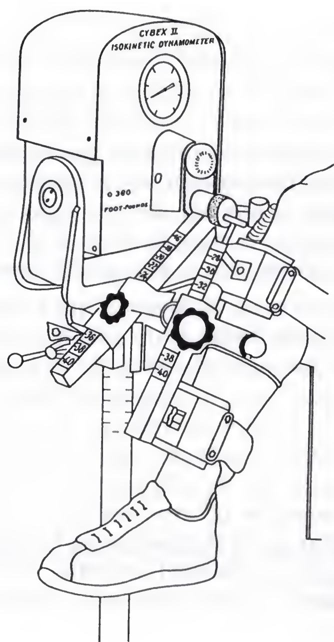


FIG. 4-4. *Système isocinétique complet d'évaluation des articulations périphériques.* Le sujet est en position assise, le tronc et le bassin sont stabilisés, le centre de rotation du dynamomètre est aligné avec l'axe de flexion/extension du genou. La butée de poussée est placée en distal (sus-malléolaire).



a





c



d

FIG. 4-5a, b, c, d. *Différents types de butées de poussée proximale en TTA, pour éviter la composante de tiroir antérieur lors d'une contraction maximale résistée du quadriceps après lésion ou réparation du LCA.*

test isométrique du quadriceps, que si la méthode de résistance en TTA diminue fortement les contraintes de tension produites au niveau du LCA, il est nécessaire de multiplier par 3 ou 4 les résistances en TTA par rapport à celles effectuées en distal. Mais, Nissel [61] souligne qu'une résistance distale ou proximale ne change pas les forces de compression, fémoro-tibiales et fémoro-patellaires, si l'on réalise une évaluation isocinétique. Kaufman [44] montre que pour l'articulation fémoro-patellaire, lors du mouvement d'extension résistée maximale, ces forces de compression sont 5,1 × BW (BW = Body Weight ou poids corporel) à la vitesse angulaire de 60°/s et de 4,8 × BW à 180°/s, Nissel [61] les évalue à 9 × BW à 30°/s et 5 × BW à 180°/s. Pour l'articulation fémoro-tibiale elles sont de 4,0 × BW à 60°/s et de 3,8 × BW à 180°/s. De plus, la contraction maximale du quadriceps avec une résistance distale induit à 30°/s une composante de tiroir antérieur importante (1 × BW) entre (60/30/0) [61], tandis que Kaufman [44] l'évalue à 0,2-0,3 × BW à 25° de flexion du genou. En cas de déficit du LCA, Wilk *et al.* [87, 88] montrent une translation antérieure du plateau tibial, plus importante à basse vitesse angulaire (60°/s) qu'à haute vitesse (300°/s) et, que le maximum de déplacement est entre 30 et 15° de flexion du genou et que le LCA est mieux protégé à haute vitesse angulaire avec butée proximale en TTA. Six mois après une plastie du LCA, Maitland [58] ne trouve pas d'augmentation de la laxité du genou après un test isocinétique sur Cybex. Skiner *et al.* [76], Steiner *et al.* [78], montrent que la fatigue s'associe avec une augmentation temporaire de la laxité du genou. Howell [32] montre qu'une extension active isométrique résistée du genou, à 15, 30, 45, 60, 75° de flexion, entraîne moins de contraintes sur le LCA qu'un test de laxité antérieur avec un appareil spécifique (KT 1000) à 89 N.

Johnson [35], Timm [81], Epler [17], Lavin et Gross [54] montrent l'intérêt d'utiliser une résistance avec double butée proximale et distale (fig. 4-5*d*) afin de réduire cette composante de tiroir antérieur néfaste dans la rééducation du LCA insuffisant ou reconstruit. Si nous utilisons ce système de butée ou une butée proximale, il ne faut pas travailler les IJ contre résistance car ils induisent alors une composante de tiroir antérieur [67].

Ces quelques considérations sont utiles pour l'établissement d'un protocole progressif de rééducation isocinétique en cas d'insuffisance ou de réparation du LCA, afin d'éviter des erreurs préjudiciables pour l'avenir du genou du sportif.

❐ Choix des vitesses

En mode concentrique. — la force et la tension musculaire développées sont inversement proportionnelles à la vitesse d'exécution du mouvement. Il existe une diminution linéaire de la force avec l'augmentation de la vitesse. Le sujet « pousse » ou « tire » au maximum sur la butée du bras de

levier du dynamomètre, et la résistance est auto-adaptée à la force développée (nous pouvons traduire cela en comparant un segment de membre qui se déplace dans l'eau : plus vous augmentez la vitesse plus la résistance au mouvement augmente).

Wilhite et Cohen [86] montrent qu'il est préférable de commencer les tests par des basses vitesses (30 à 60°/s) surtout chez les sujets ayant peu d'expérience en isocinétique. Dans les études que nous avions publiées précédemment [23, 45, 47, 48, 49], nous utilisions pour les tests à basse vitesse angulaire : 30°/s, mais notre choix actuel est pour 60°/s car les contraintes sont moins importantes et la vitesse est mieux tolérée par les sujets. Pour les hautes vitesses angulaires, le choix de la plupart des auteurs se situe à 300°/s, sauf pour ceux utilisant un appareillage type Kin Com (voir tableau 4-I) qui ne permet que des vitesses maximales de 250°/s. Cependant, quel que soit l'appareillage utilisé, ces vitesses sont inférieures à celles réalisées par le genou lors de la marche et la course puisque nous avons des vitesses de 300 à 700°/s [67]. Pour l'épaule chez le pitcher professionnel, Pappas *et al.* [63] montrent que dans le geste de lancer, le mouvement de la tête humérale sur la glène a été mesuré à plus de 9 000°/s soit environ 20 fois plus vite que n'importe quelle machine isocinétique. C'est pourquoi, même l'isocinétique ne peut recréer des contractions musculaires physiologiques.

*En règle générale, l'isocinétique est utilisée en chaîne cinétique ouverte, mais il est judicieux d'intégrer également des exercices en chaîne cinétique fermée (fig. 4-6*a *et* b*), car les contraintes sur le LCA sont réduites* [54, 57, 62, 75, 87, 89].

En mode excentrique. — Les risques de lésions iatrogènes sont importants car les tensions musculaires développées sont supérieures à celles de contractions concentriques et isométriques. Franklin [21] montre une augmentation significative de la CK (créatine kinase) après des contractions maximales excentriques. Il n'est pas retrouvé la même corrélation linéaire avec la vitesse du mouvement qu'en mode concentrique et, les courbes obtenues en isocinétique diffèrent de la classique courbe, bien connue, du muscle isolé étudié *in vitro* par Hill en 1938 [29]. Westing *et al.* [84, 85] montrent que la force mesurée en excentrique est supérieure à celle obtenue en isométrique mais augmente peu avec la vitesse du mouvement, ils expliquent ce phénomène par un mécanisme de protection par inhibition des organes tendineux de Golgi et des terminaisons libres du muscle pour éviter des microlésions musculaires. L'excentrique recrute moins de fibres musculaires pour une même puissance d'exercice ou un même effort, d'où des contraintes mécaniques supérieures et des lésions plus étendues [13, 65]. Pour Dean [13] à vitesse égale, le mode excentrique génère une plus grande force que le mode concentrique. Colliander [11] ne retrouve pas chez l'homme d'augmentation de la force excentrique en augmentant la vitesse du mouvement mais par contre elle augmente chez la femme. Alberti *et al.* [2] montrent une diminution

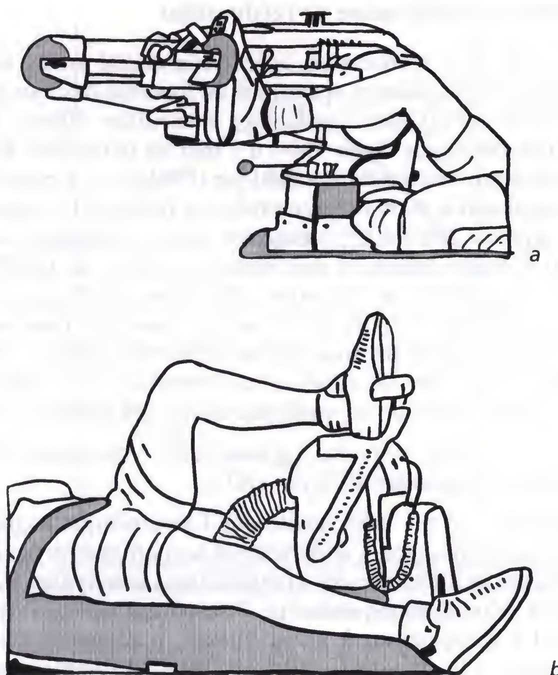


FIG. 4-6*a* et *b*. *Travail du membre inférieur réalisé en chaîne cinétique fermée.*

linéaire de la force excentrique en fonction de la vitesse comme cela est retrouvé en concentrique. Pour notre part, si l'intérêt de la rééducation sur mode excentrique est indiscutable, la réalisation des tests maximaux en excentrique demande une excellente coordination neuromotrice pour les sujets à tester et, nous préférons réserver ce type d'évaluation à des sujets sportifs ou lorsque les tests en concentrique n'apportent pas assez d'informations; ceci est bien mis en évidence dans le cadre des chondropathies fémoro-patellaires [4, 6, 50] où, les courbes de certains sujets ne présentent un déficit de force qu'en excentrique mais pas en concentrique (inhibition du quadriceps par contraintes supérieures). Nous choisissons classiquement la vitesse angulaire moyenne de 120°/s qui est la plus utilisée par l'ensemble des auteurs. Bishop [7] montre qu'en excentrique, il existe une meilleure corrélation pour les tests effectués à 120 et 180°/s plutôt qu'à 60. Middleton [59] utilise le travail excentrique sur machine isocinétique comme technique de gain d'amplitude articulaire, sur mode actif et passif.

❐ Adaptation du programme de rééducation

Dans le cadre de la rééducation, après avoir réalisé un test isocinétique, il faut adapter un programme spécifique en fonction des buts recherchés. Si nous voulons privilégier l'endurance musculaire (fibres 1), les séries doivent être de longue durée : 30 s à 1 min (et plus) avec 30 à 50 % de la force musculaire maximale isocinétique (FMMI). A l'inverse, pour développer la puissance et/ou la force explosive (fibres 2 b), nous utilisons des vitesses rapides (240 à 400°/s) avec des séries courtes mais à 80 à 90 % de la FMMI. Certains appareils possèdent un système de feedback visuel et/ou sonore qui permet de rééduquer dans des pourcentages choisis. Pour obtenir un éventail complet du travail de toutes les fibres musculaires, il faut réaliser des séries par tranches de 30 en 30°/s (de 60 à 300°/s et plus), augmenter le nombre de séries et de répétitions en tenant compte des temps de pauses qui sont au minimum égaux aux temps de contraction.

Remarque : si nous n'avions qu'une seule vitesse de rééducation en concentrique à conseiller, ce serait 180°/s.

Actuellement, s'il est indiscutable que l'isocinétique augmente la force musculaire, la puissance, l'endurance et la coordination neuromusculaire, il existe dans la littérature des contradictions concernant l'effet du réentraînement selon le mode choisi [3, 7, 10, 13, 15, 23, 25, 33, 68, 69, 73, 80, 82]. La rééducation, à basse vitesse, n'augmente pas ou peu les performances à haute vitesse et inversement. Il semble que le travail en mode concentrique ait un effet bénéfique seulement sur les qualités concentriques du muscle et qu'en excentrique, cela développe préférentiellement la force excentrique et les qualités pliométriques du muscle. L'idéal est de pouvoir utiliser toutes les possibilités qu'offrent les machines pour l'évaluation, la rééducation et dans une moindre mesure pour le diagnostic. Nous avons remarqué, avec une expérience d'une dizaine d'années en isocinétisme, que les machines sont sous-employées, que leurs possibilités ne sont utilisées qu'à 30 ou 50 % au plus (comme pour les magnétoscopes où seulement 10 % des utilisateurs savent les programmer!) et que nous nous contentons trop souvent de protocoles déjà établis. Cependant sur les centaines de genoux que nous avons testés, nous n'avons pas eu de réactions douloureuses importantes ou d'aggravation des lésions (en absence de contre-indications), avec des tests effectués en FMMI en concentrique, que ce soit en préopératoire ou 2 mois après la reconstruction du pivot central avec le 1/3 moyen du tendon rotulien. Cependant, Richter [71] rapporte le cas d'un patient ayant présenté un hématome sous-cutané après utilisation intempestive de l'isocinétique. Le travail en isocinétique ne doit pas être sous-estimé sur le plan cardio-vasculaire [14] ou pulmonaire, surtout s'il est réalisé à des basses vitesses angulaires. Gobelet *et al.* [23] montrent une augmentation significative de la tension artérielle et de la fréquence cardiaque (14 sujets) en réalisant 40 flexions/extensions maximales du genou ; d'où une grande prudence avec certains de nos patients à risques.

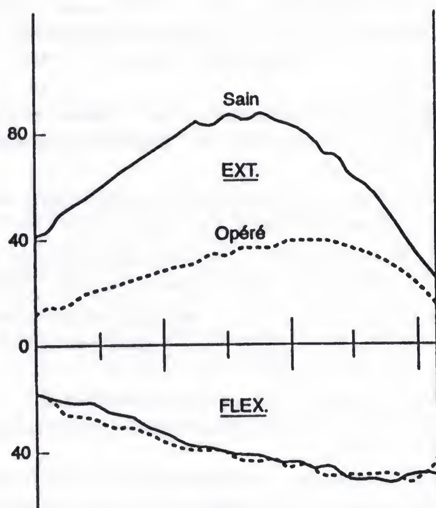


FIG. 4-7. *Évaluation comparative d'un genou sain et opéré par plastie intra-articulaire.* On note un déficit important pour les extenseurs du côté opéré, par contre pour les fléchisseurs les deux courbes sont superposables.

Conclusion

L'isocinétique permet une évaluation objective et comparative du couple de force IJ/Q comparativement des deux côtés (fig. 4-7) ou par rapport à une population témoin, de quantifier les gains obtenus par nos programmes spécifiques de rééducation et de suivre ainsi l'évolution de nos patients. Le choix de la vitesse, du secteur angulaire, du nombre de répétitions, d'un système « feedback » visuel et/ou sonore, d'un mode concentrique et/ou excentrique, en chaîne cinétique ouverte et fermée (série et parallèle), d'un protocole en résistance ou endurance sont quelques uns des avantages que nous offre un système isocinétique pour réaliser nos programmes de rééducation. Mais il existe une grande disparité entre les diverses machines et nous ne pouvons comparer les performances d'appareils fabriqués par la même firme pour l'évaluation et pour la rééducation.

BIBLIOGRAPHIE

[1] ALEXANDER M.J. — Peak torque values for antagonist muscle groups and concentric and eccentric contraction types for elite sprinters. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 1990, *71*, 334-339.

[2] ALBERTI A. — *Il trattamento riabilitato del ginocchio con metodica isocinetica.* Communication 1st International Isokinetc Congress, Siena, 1991.

[3] ANDERSON M.A., GIECK J.H. *et al.* — The relationships among isometric, isotonic, and isokinetic concentric and eccentric quadriceps and hamstrings force and three components of athletic performance. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1991, *14*, 114-120.

[4] AUGROS C., KERKOUR K, FRITISCH C. *et al.* — *Intérêt de l'isocinétique dans les syndromes rotuliens.* «Rééducation 90». Expansion scientifique française, Paris, 18-24, 1990.

[5] AUGROS C., LEYVRAZ P.F., KERKOUR K. — Rééducation du genou après plastie intra- et extra-articulaire combinée. *Kin. Scient.*, 1988, *274*, 12-18.

[6] BENNETT G.J., STAUBER W.T. — Eccentric and treatment of anterior knee pain using eccentric exercise. *Med. Science Sports Exercise*, 1986, *18* (5), 526-530.

[7] BISHOP K.N., DURRANT E. *et al.* — The effect of eccentric strength training at various speeds on concentric strength of the quadriceps and hamstrings muscles. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1991, *13* (5), 226-230.

[8] BOHANNON R.W., SMITH M.B. — Intrasession reliability of angle specific knee extension torque measurements with gravity corrections. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1989, *11*, 155-157.

[9] CAMPBELL D.E., GLENN W. — Rehabilitation of knee flexor and knee extensor muscle strength in patients with menisectomies ligamentous repair and chondromalacia. *Phys. Ther.*, 1982, *62*, 10-15.

[10] CODINE P.H., POCHOLLE M. *et al.* — Rééducation des ligamentoplasties : choix d'un protocole. *In :* J.N. Heuleu, P. Codine, L. Simon, *Isocinétisme et médecine de rééducation*, p. 96-104. Masson, Paris, 1991.

[11] COLLIANDER E.B., TESCH P.A. — Bilateral eccentric and concentric torque of quadriceps and hamstrings muscles in females and males. *Eur. J. Applied Physiol.*, 1989, *59*, 227-232.

[12] DAVIES G.J. — *A compendium of isokinetics in clinical usage*, p. 26-32. S and S Publishers, Wisconsin, 1985.

[13] DEAN E. — Physiology and therapeutic implications of negative work. *Phys. Ther.*, 1988, *68*, 232-237.

[14] DOURIS P.C. — Cardiovascular responses to velocity-specific isokinetic exercise. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1991, *13*, 28-32.

[15] DURAND A., MALOUIN F. *et al.* — Intertrial reliability of work measurements recorded during concentric isokinetic knee extension and flexion in subjects with and without meniscal tears. *Phys. Ther.*, 1991, *71*, 804-812.

[16] ELMQVIST L.G., LORENTZON R. *et al.* — Knee extensor muscle function before and after reconstruction of ACL tear. *Scand. J. Rehabil. Med.*, 1989, *21* (3), 131-139.

[17] EPLER M., NAWOCZENSKI N., ENGLEHARDT T. — Comparison of the Cybex II standard shin adapter versus the Johnson anti-shear device in torque generation. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1988, *9*, 284-296.

[18] FILLYAW M., BEVINS T., FERNANDEZ L. — Importance of correcting isokinetic peak torque for the effect of gravity when calculating knee flexor to extensor muscle ratios. *Phys. Ther.*, 1986, *66*, 23-29.

[19] FOSSIER E., CHRISTEL P., WITWOET J. — L'évaluation isocinétique préopératoire des genoux ligamentaires a-t-elle un intérêt? *In :* J.N. Heuleu, P. Codine, L. Simon, *Isocinétisme et médecine de rééducation*, p. 104-111. Masson, Paris, 1991.

[20] FOSSIER E. — Méthodes d'évaluation isocinétiques : principes. *In :* J.N. Heuleu, P. Codine, L. Simon, *Isocinétisme et médecine de rééducation*, p. 10-16. Masson, Paris, 1991.

[21] FRANKLIN M.E., CHAMNESS M.S. *et al.* — Effects of isokinetic soreness-inducing exercice on blood levels of C-Reactive Protein and Creatine Kinase. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1992, *16* (5), 208-214.

[22] GHENA D.R., KURTH A.L. *et al.* — Torque characteristics of the quadriceps and hamstring muscles during concentric and eccentric loading. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1991, *14*, 149-154.

[23] GOBELET C., MEIER J.L. *et al.* — Mesures et entraînement isocinétiques. *In :* L. Simon, J. Pélissier, C. Hérisson, *Actualités en rééducation fonctionnelle et réadaptation*, p. 253-261. Masson, Paris, 1987.

[24] GROSS M.T., HUFFMANN G.M. *et al.* — Intramachine and intermachine reliability of the Biodex and Cybex II for knee flexion and extension peak torque and angular work. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1991, *13*, 329-335.

[25] HAGEMAN P.A., GILLASPIE D.M., HILL L.D. — Effects of speed and limb dominance on eccentric and concentric isokinetic testing of the knee. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1988, *10*, 59-65.

[26] HANTEN W.P., RAMBERG C.L. — Effect of stabilization on maximal isokinetic torque of the quadriceps femoris muscle during concentric and eccentric contractions. *Phys. Ther.*, 1988, *68*, 219-222.

[27] HARTER R.A., OSTERNING L.R. *et al.* — Long-term evaluation of knee stability and function following surgical reconstruction for anterior cruciate ligament insufficiency. *Am. J. Sports Med.*, 1988, *16*, 434-444.

[28] HARTER R.A., OSTERNING L.R., STANDIFER L.W. — Isokinetic evaluation of quadriceps and hamstrings symmetry following anterior cruciate ligament reconstruction. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 1990, *71*, 465-468.

[29] HILL A.V. — The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. *Proceedings of the Royal Society of London*, 1938, *126*, 136-195.

[30] HISLOP H., PERRINE J. — The isokinetic concept of exercice. *Phys. Ther.*, 1967, *47*, 114-117.

[31] HOUSH D.J., HOUSH T.J. — The effects of unilateral velocity-specific concentric strength training. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1993, *17* (5), 252-256.

[32] HOWELL S.M. — Anterior tibial translation during a maximum quadriceps contraction : is it clinically signifiant? *Am. J. Sports Med.*, 1990, *18* (6), 573-578.

[33] JURIST K.A., OTIS J.C. — Anteroposterior tibiofemoral displacements during isometric extension efforts. The role of external load and knee flexion angle. *Am. J. Sports Med.*, 1985, *13*, 254-258.

[34] JOHNSON J., SIEGEL D. — Reliability of an isokinetic movement of the knee extensors. *Research Quartely*, 1978, *49*, 88-90.

[35] JOHNSON D. — Controlling anterior shear during isokinetic knee extension exercise. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1982, *4*, 23-31.

[36] KANNUS P. — Isokinetic peak torque and work relationship in the laterally unstable knee. *Can. J. Sport Sc.*, 1988, *14*, 17-20.

[37] KANNUS P. — Radio of hamstring to quadriceps femoris muscles' strength in the anterior cruciate ligament insufficient knee. *Phys. Ther.*, 1988, *68*, 961-965.

[38] KANNUS P. — Peak torque and total work relationship in the thigh muscles after anterior cruciate ligament injury. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1988, *10*, 97-101.

[39] KANNUS P. — Relationship between peak torque and total work in an isokinetic contraction of the medial collateral ligament insufficient knee. *Int. J. Sports Med.*, 1988, *9*, 294-296.

[40] KANNUS P. — Relationship between peak torque and angle-specific torques in an isokinetic contraction of normal and laterally instable knee. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1991, *13*, 89-94.

[41] Kannus P., Cook L., Alosa D. — Absolute and relative endurance parameters in isokinetic tests of muscular performance. *J. Sports Rehabil.*, 1992, *1*, 2-12.

[42] Kannus P., Jarvinen M. — Prediction of torque acceleration energy and power of thigh muscles from peak torque. *Med. Science Sports Exercise*, 1989, *21*, 304-307.

[43] Kannus P., Yasuda K. — Value of isokinetic angle-specific torque measurements in normal and injured knees. *Med. Sc. Sports Exercise*, 1992, *24*, 292-297.

[44] Kaufman K.R., An K.N. *et al.* — Dynamic joint forces during knee isokinetic exercise. *Am. J. Sports Med.*, 1991, *19* (3), 305-316.

[45] Kerkour K., Barthe M. *et al.* — Force musculaire maximale isocinétique des extenseurs et fléchisseurs sagittaux du genou. *Ann. Kinésithér.*, 1987, *14* (6), 281-283.

[46] Kerkour K., Meier J.L. — Plasties intra- et extra-articulaires combinées : répercussions sur la force musculaire maximale isocinétique, le rapport fléchisseurs/extenseurs, l'angle d'efficacité maximal. *Ann. Kinésithér.*, 1987, *14* (9), 465-468.

[47] Kerkour K., Barthe M. *et al.* — *Étude comparative de la force musculaire maximale isocinétique des extenseurs et fléchisseurs du genou après ligamentoplasties.* « Rééducation 86 », p. 41-46. Expansion scientifique française, Paris, 1986.

[48] Kerkour K., Meier J.L. *et al.* — *Isocinétique et renforcement musculaire.* « Rééducation 88 », p. 257-262, Expansion scientifique française, Paris, 1988.

[49] Kerkour K., Leyvraz P.F. *et al.* — *Rééducation du genou après plastie intra- et extra-articulaire combinée.* « Rééducation 87 », p. 181-187. Expansion scientifique française, Paris, 1987.

[50] Kerkour K., Meier J.L. — *Place de l'isocinétique dans les syndromes rotuliens.* « Rééducation 93 », p. 219-227. Expansion scientifique française, Paris, 1993.

[51] Knapik J.J., Bauman Cl. *et al.* — Preseason strength and flexibility imbalances associated with athletic injuries in female collegiate athletes. *Am. J. Sports Med.*, 1991, *19*, 76-81.

[52] Kramer J., Nusca D. *et al.* — Knee flexor and extensor strength during concentric and eccentric muscle actions after ACL reconstruction using the semitendinosus tendon and ligament augmentation device. *Am. J. Sports Med.*, 1993, *21* (2), 285-291.

[53] Kues J.M., Rothstein J.M., Lamb R.L. — Obtaining reliable measurements of knee extensor torque produced during maximal voluntary contractions : An experimental investigation. *Phys. Ther.*, 1992, *72*, 492-501.

[54] Lavin R.P., Gross M.T. — Comparison of Johnson anti-shear accessory and standard dynamometer attachment for anterior tibial translation during isometric muscle contractions. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1990, *11*, 547-553.

[55] Lephart S.M., Perrin D.H. *et al.* — Relationship between selected physical characteristics and functional capacity in the anterior cruciate ligament-insufficient athlete. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1992, *16*, 174-181.

[56] Lephart S.M., Perrin D.H. *et al.* — Sports specific functional tests for the anterior cruciate ligament insufficient athlete. *Athl. Train.*, 1991, *26*, 44-50.

[57] Levine D., Klein A., Morrissey M. — Reliability of isokinetic concentric closed kinematic chain testing of the hip and knee extensors. *Isokinetics and exercise science*, 1991, *1*, 146-152.

[58] Maitland M.E., Lowe R. *et al.* — Does Cybex testing increase knee laxity after ACL reconstruction? *Am. J. Sports Med.*, 1993, *5*, 690-695.

[59] Middleton P., Puig P. *et al.* — Notre expérience du travail excentrique comme gain d'amplitude : Indications et résultats. *In :* L. Simon, *Actualités en rééducation fonctionnelle et réadaptation*, p. 409-417, Masson, Paris, 1993.

[60] Morrissey M.C. — The relationship between peak torque and work of the quadriceps and hamstrings after menisectomy. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1987, *8*, 405-408.

[61] Nisell R., Erickson M.O. *et al.* — Tibiofemoral joint forces during isokinetic knee extension. *Am. J. Sports Med.*, 1989, *17*, 49-54.

[62] Palmitier R.A., An K.N. *et al.* — Kinetic chain exercise in knee rehabilitation. *Sports Med.*, 1991, *11* (6), 402-413.

[63] Pappas A.M., Zawacki R.M., Sullivan T.J. — Biomechanics of baseball pitching : A preliminary report. *Am. J. Sports Med.*, 1985, *18*, 119-123.

[64] Patterson L.A., Spivey W.E. — Validity and reliability of the LIDO active isokinetic system. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1992, *15*, 32-36.

[65] Perès G. — Lésions musculaires lors de l'exercice. *JAMA*, hors série, *9-11*, avril 1990.

[66] Perrin D.H., Haskvitz E.M., Weltman A. — Effect of gravity correction on isokinetic average force of the quadriceps and hamstrings muscle groups in women runners. *Isokinetics and Exercise Science*, 1991, *1*, 99-102.

[67] Perrin D.H. — *Isokinetic exercise and assessment*, p. 69. Human Kinetics Publishers, USA, 1993.

[68] Petersen S., Wessel J. *et al.* — Influence of concentric resistance training on concentric and eccentric strength. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 1990, *71*, 101-105.

[69] Petersen S., Bell G.J. *et al.* — The effects of concentric resistance training on eccentric peak torque and muscle cross-sectional area. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1991, *13*, 132-137.

[70] Ponzo F., Leclerc J.L., Rachet O. — La résistance en tubérosité tibiale antérieure : Oui-mais! *Ann. Kinésithér.*, 1992, *19* (4), 209-213.

[71] Richter K.J. — Subcutaneous hemorrhage in a patient on coumadin : an isokinetic exercise complication. *J. Sports Rehabil.*, 1992, *1*, 264-266.

[72] Rothsein J.M., Lamb R.L., Mayhew T.P. — Clinical uses of isokinetic measurements. *Phys. Ther.*, 1987, *67*, 1840-1844.

[73] Ryan L.M., Magidow P.S., Duncan P.W. — Velocity-specific and mode-specific effects of eccentric isokinetic training of the hamstrings. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1991, *13*, 33-39.

[74] Seto J.L., Allison S.O., Morrissey M.C. — Assessment of quadriceps/hamstrings strength knee ligament stability, functional and sport activity levels five years after ACL reconstruction. *Am. J. Sports Med.*, 1988, *16*, 170-180.

[75] Shelbourne K.D., Klootwyk T.E., DeCarlo M.S. — Uptade on accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1992, *15* (6), 303-308.

[76] Skinner H.B., Wyatt M.P. *et al.* — Exercise-related knee joint laxity. *Am. J. Sports Med.*, 1986, 14, 30-34.

[77] Stafford M.G., Grana W.A. — Hamstrings/quadriceps ratios in college football players : a high velocity evaluation. *Am. J. Sports Med.*, 1984, *12*, 209-211.

[78] Steiner M.E., Grana W.A. *et al.* — The effect of exercise on anterior-posterior knee laxity. *Am. J. Sports Med.*, 1986, *14*, 24-29.

[79] Thigpen L.K., Blanke D., Lang P. — The reliability of two different Cybex isokinetic systems. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1990, *12*, 157-162.

[80] Thomee R., Renström P. *et al.* — Slow or fast isokinetic training after knee ligament surgery. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1987, *8*, 475-479.

[81] TIMM K.E. — Validation of the Johnson anti-shear accessory as an accurate and effective clinical isokinetic instrument. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1986, *7*, 298-303.

[82] TIMM K.E. — Investigation of the physiological overflow effect from speed specific isokinetic activity. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1987, *9*, 106-110.

[83] TOMBERLIN J.P., BASFORD J.R. *et al.* — Comparative study of isokinetic eccentric and concentric quadriceps training. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1991, *14*, 31-36.

[84] WESTING S.H., SEGER J.Y. — Eccentric and concentric torque velocity characteristics, torque output comparisons, and gravity effect torque corrections for the quadriceps and hamstrings muscles in female. *Int. J. Sports Med.*, 1989, *10*, 175-180.

[85] WESTING S.H., SEGER J.Y. *et al.* — Eccentric and concentric torque velocity characteristics of the quadriceps femoris in man. *Eur. J. Applied Physiol.*, 1988, *58*, 100-104.

[86] WILHITE M.R., COHEN E.R., WILHITE S.C. — Reliability of concentric and eccentric measurements of quadriceps performance using the KIN-COM dynamometer : the effect of testing order for three different speeds. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1992, *15*, 175-182.

[87] WILK K.E., ANDREWS J.R. — Current concepts in the treatement of ACL disruption. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1992, *15*, 279-293.

[88] WILK K.E., ANDREWS J.R. — The effect of pad placement and angular velocity on displacement during isokinetic exercise. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1993, *17*, 24-30.

[89] WILK K.E., ANDREWS J.R., CLANCY W.G. — Quadriceps Muscular strength after removal of the central third patellar tendon for controlateral ACL reconstruction surgery : a case report. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1994, *18*, 692-697.

[90] WILK K.E., JOHNSON R.E. — The reliability of the Biodex B2000. *Phys. Ther.*, 1988, *68*, 792.

[91] WINTER D.A., WELLS R.P., ORR GW. — Errors on the use of isokinetics dynamometers. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 1981, *46*, 397-408.

[92] WORREL T.W., PERRIN D.H. *et al.* — Comparison of isokinetic strength and flexibility measures between hamstrings injured and non injured athletes. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1991, *11*, 104-107.

5 ÉLECTROSTIMULATION NEUROMUSCULAIRE (ESNM) ET RÉÉDUCATION DU GENOU LIGAMENTAIRE

L'utilisation de la neurostimulation électrique de surface en rééducation a un but soit antalgique ou excitomoteur (voir fig. 5-1). Ses applications sont nombreuses en rééducation et peuvent également concerner le muscle sain du sportif dans le but d'augmentation des performances musculaires ou celui partiellement ou totalement dénervé. Dans le cadre de la rééducation du genou ligamentaire (avec traitement conservateur ou chirurgical), nous utilisons comme adjuvant thérapeutique l'électrostimulation neuromusculaire (ESNM) pour limiter les problèmes musculaires liés à l'atrophie et au mode de recrutement spécifique de la force musculaire [6, 8, 10, 14, 20, 21, 28, 33]. L'immobilisation (selon sa durée) entraîne une amyotrophie sur les fibres de type I et/ou de type II, ainsi qu'une perte de poids musculaire et une diminution pratiquement identique de la force. Appel [1], Gremion [15] montrent que cette atrophie est plus marquée pendant la 1re semaine d'immobilisation (10 % du poids musculaire) et que c'est durant cette première phase qu'il faut tout mettre en œuvre pour limiter cette atrophie musculaire ; à 4 semaines, elle peut atteindre 20 à 30 %.

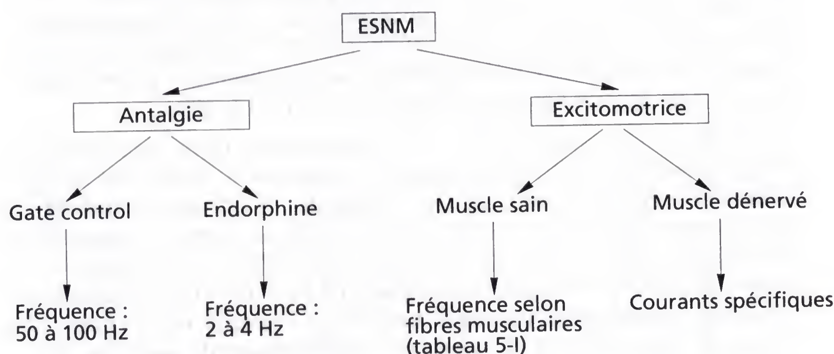


FIG. 5-1. *Possibilités d'utilisation de l'électrostimulation (ESNM) en rééducation.*

L'épanchement articulaire (hydarthrose ou hémarthrose) va entraîner une inhibition de la contraction musculaire avec une élévation d'excitabilité des unités motrices du quadriceps [11, 19, 31]. Fahrer [11], Spencer [31] constatent que l'injection de 20 à 30 ml de plasma dans l'articulation du genou est suffisante pour entraîner une diminution d'amplitude du réflexe H au niveau du vaste médial alors que 50 à 60 ml sont nécessaires pour les autres chefs (d'où l'atrophie préférentielle du vaste médial et la nécessité d'avoir un genou « sec » en rééducation). Lors de tout incident douloureux dans le programme de rééducation, l'amplitude des unités motrices s'effondre et divers auteurs [2, 4] confirment le rôle néfaste des influx nociceptifs dans la genèse de l'amyotrophie (genou « sec » et « indolore »). Ainsi toute composante physiologique du muscle qui modifie ses caractéristiques morphologiques, biochimiques ou électriques peut provoquer une atrophie.

Effets de l'ESNM sur les fibres musculaires

L'ESNM tend à se substituer à une déficience, momentanée ou durable, de l'activité musculaire volontaire et cela dans les limites d'un mimétisme physiologique. Tout comme le genre d'activité volontaire qu'elle tend à suppléer, son action sur le métabolisme, la morphologie et les performances du muscle sera intimement liée au mode d'entraînement appliqué [3, 24, 25]. Dans le cas d'un muscle normalement innervé, le schéma de stimulation électrique sera forcément surimposé au schéma naturel d'activité, propre à une fibre musculaire donnée (tableaux 5-I et 5-II).

La stimulation continue de basse fréquence à 10 Hz, entraîne une augmentation de la capacité aérobie oxydative des fibres du type I (résistance à la fatigue et à l'endurance). Ce type de stimulation à 10 Hz ne modifie pas ou peu la force délivrée par les fibres lentes du type I, car elle se rapproche de la stimulation médullaire de base qui a été mesurée à 8,4 Hz ± 1,3 Hz. Cependant, elle diminue très significativement la force des fibres rapides du type II, ainsi que leurs caractéristiques qui tendent à rejoindre celles des fibres lentes [3, 9]. De plus, une augmentation de la vascularisation et du nombre des capillaires sanguins (environ 25 %) ainsi qu'une augmentation de la surface des mitochondries ont été observées au microscope électronique avec ce type de stimulation à 10 Hz [14, 16].

Une fréquence de stimulation à 20 Hz diminue de façon significative la force musculaire [22]. Une fréquence supérieure à 20 Hz produit une contraction électro-induite de type tétanique; il est alors impératif de programmer une phase de repos au moins égale au temps de contraction. En général, pour un muscle non dénervé, le temps de stimulation et le temps de repos se situent dans un rapport de 1 à 4 ou 5 (car la stimulation électrique transcutanée provoque toujours, à l'inverse de la contraction volontaire, une réponse « synchrone » ou simultanée de toutes les fibres musculaires recrutées selon l'importance des stimuli appliqués au muscle et crée une fatigue musculaire locale plus importante avec augmentation

Tableau 5-I. *Caractéristiques et propriétés des trois types principaux de fibres musculaires*

Fibres musculaires	– Fibres 1 ou – ST (slow twitch) ou – SO (slow oxydative)	– Fibres 2a ou – FTa (fast twitch) ou – FR (fast resistant) – FOG (fast twitch oxydative glycolytic)	– Fibres 2b ou – FTb (fast twitch) ou – FF (fast fatigable) ou – FG (fast twitch glycolytic)
Caractéristiques	– Lentes – Toniques – Rouges – Endurance (aérobie)	– Intermédiaires – Tonico-phasiques	– Rapides – Phasiques – Blanches – Force (anaérobie)
Diamètre	26 µm	28 µm	46 µm
Vitesse de conduction	60-80 m/s	80-100 m/s	80-130 m/s
Force (g)	5	20	50
Fréquence (Hz) de stimulation chronique	10 Hz	20 Hz	50 Hz
Fréquence (Hz) de tétanisation	33 Hz (30-35 Hz)	50 Hz (45-55 Hz)	65 Hz (60-70 Hz)

Tableau 5-II. *Caractéristiques des différents paramètres utiles à l'établissement d'un programme d'ESNM* (en fonction des buts fixés)

Paramètres	**Atrophie**		**Renforcement**		
	Prévention	*Traitement*	*Endurance*	*Résistance*	*Force maximale*
Fréquence (Hz) *de stimulation*	8 à 10 Hz	30 à 50 Hz	30 à 50 Hz	50 à 70 Hz	70 à 100 Hz
Temps de stimulation	> 2 h	1 à 2 h	30′ à 1 h	15 à 30′	15 à 30′
Type de stimulation	Chronique	Tétanique	Tétanique	Tétanique	Tétanique
Temps de contraction	–	10 à 15 s	8 à 10 s	6 à 8 s	4 à 6 s
Temps de repos	–	80 à 100 s	40 à 50 s	24 à 32 s	4 à 12 s
Intensité «supportable» (en mA)	Infradouloureux	Infradouloureux	Submaximale	Submaximale	Maximale
Association	–		Contraction musculaire volontaire		Isométrique Concentrique Excentrique

de la libération d'acide lactique [18] mais pas de fatigue centrale). Cette phase de repos peut-être favorisée en programmant une stimulation de 4 à 6 Hz qui permet une meilleure relaxation et récupération musculaire.

La stimulation à 33 Hz permet une tétanisation complète des fibres de type I et est considérée comme donnant la sensation la moins désagréable et la mieux tolérée [27].

La stimulation à 50 Hz, avec temps de travail de 15 s et temps de repos de 100 s, a une meilleure action sur la force, non pas par une augmentation de la section transversale des fibres mais par une augmentation significative de la force par gramme de muscle [5, 13]. Il n'y a pas hypertrophie des fibres mais augmentation de leur force spécifique. En revanche, si l'ESNM est associée à une contraction isométrique résistée, on peut obtenir une hypertrophie des fibres (méthode Kotz).

La stimulation à 65-70 Hz permet une tétanisation complète des fibres II et entraîne une augmentation de la force musculaire excentrique et à hautes vitesses angulaires (mesures isocinétiques).

Pour un recrutement maximal des unités motrices ou pour des sportifs confirmés, il peut être judicieux d'utiliser des fréquences supérieures (tableau 5-II) en y associant toujours des contractions musculaires volontaires qui autorisent une meilleure tolérance du courant.

L'ensemble des données relatives au processus de stimulation démontre à l'évidence que seule une électromyostimulation continue, c'est-à-dire qui détermine une dose d'activité musculaire prolongée pendant plusieurs heures et répétée régulièrement chaque jour, est efficace pour assurer, selon les besoins, le maintien, le recouvrement ou le renforcement des caractéristiques contractiles, propres à un type donné de fibre musculaire.

Thépaut-Mathieu [32] rapporte qu'il est illusoire de n'espérer toucher qu'un seul type de fibres dans la mesure où, si l'on désire que le champ d'excitation soit le plus large possible, nous sommes contraints d'augmenter l'intensité du courant (les fibres II seraient excitées avec un courant de faible intensité et à mesure que l'intensité augmente, l'excitation gagnerait les fibres I car la vitesse de conduction des fibres rapides est plus grande et, de plus, elles se situent à la périphérie des muscles donc plus facilement recrutées par stimulation).

Hainaut [17] insiste sur l'association de l'ESNM à des contractions musculaires volontaires car elle induit une activité des unités motrices larges qui sont difficiles à recruter lors d'un effort volontaire ; de plus, elle retarde le déficit musculaire durant la dénervation ou l'immobilisation et optimalise la restauration de la force musculaire durant la rééducation. En ESNM, il n'y a pas d'effets secondaires sur les caractéristiques morphologiques et histochimiques des fibres musculaires [36] ni risque de lésions de fibres dans la mesure où l'on respecte une intensité supportable et, nous préférons privilégier une durée de stimulation plus longue avec une intensité de courant moins importante qu'imposer une intensité trop importante

qui risque de faire rejeter cette technique par le patient et créer éventuellement des courbatures ou des douleurs musculaires de type DOMS (Delayed Onset Muscle Soreness).

L'ESNM peut être associée à des contractions musculaires isométriques en position de recrutement maximal pour le muscle (ex : quadriceps : genou fléchi à 60-70° et ischio-jambiers : genou à 30-35° de flexion) ou à des contractions de type concentrique ou excentrique pour développer les propriétés contractiles et pliométriques des muscles. En cas de douleurs résiduelles importantes, nous pouvons y associer un courant de type TENS basé sur la théorie du « gate control ».

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Nous utilisons des stimulateurs portables totalement informatisés (Compex ou Stiwell), à 4 canaux de sortie indépendants délivrant des impulsions rectangulaires (optimales à toutes autres formes) compensées : monophasiques ou biphasiques (symétriques ou asymétriques) (fig. 5-2a, b, c, d). Le choix du courant monophasique compensé ou biphasique est essentiellement dicté par la relation entre la qualité de la contraction générée et le confort du patient.

Ces stimulateurs sont des générateurs de courant constant contrôlés par microprocesseur et utilisant une carte mémoire EPROM ou carte à puce, programmable et interchangeable incorporée : ils peuvent ainsi non seulement délivrer le programme prévu mais également enregistrer journellement la séance effectuée par le patient, permettant un contrôle de la compliance thérapeutique ; ceci est d'autant plus capital que l'orientation actuelle se fait de plus en plus vers une location à domicile de ses appareils. Chaque semaine, un contrôle de la compliance thérapeutique est effectué et, au besoin, il est possible d'augmenter les temps de contractions (ou inversement) en fonction de l'état clinique du sujet. Ce courant constant est à moyenne électrique nulle et il est possible de stimuler même en présence de matériel d'ostéosynthèse sans risque de brûlure (ex. : vis ou agrafes). Ces impulsions peuvent être générées en mode continu ou itératif : la durée d'impulsion est brève, de l'ordre de 33 à 440 µs, car il est physiologiquement démontré que l'impulsion nécessitant la quantité minimale d'énergie électrique nécessaire pour amener un nerf ou un muscle au seuil critique d'excitation, est déterminée par une durée de passage du courant égale à la chronaxie de ce nerf ou de ce muscle (pour le membre inférieur 200 à 300 µs). Le passage transcutané du courant ne se fait pratiquement plus à travers la résistance ohmique de la peau mais au contraire essentiellement par sa capacitance. Ainsi par ce biais technique, il n'y a plus d'électrolyse cutanée (pas de risque de brûlure) et la stimulation devient pratiquement indolore. Les électrodes en carbone (avec eau), ou autocollantes (avec gel), sont très faciles à placer et permettent d'assurer une interface électrolytique acceptable pour un

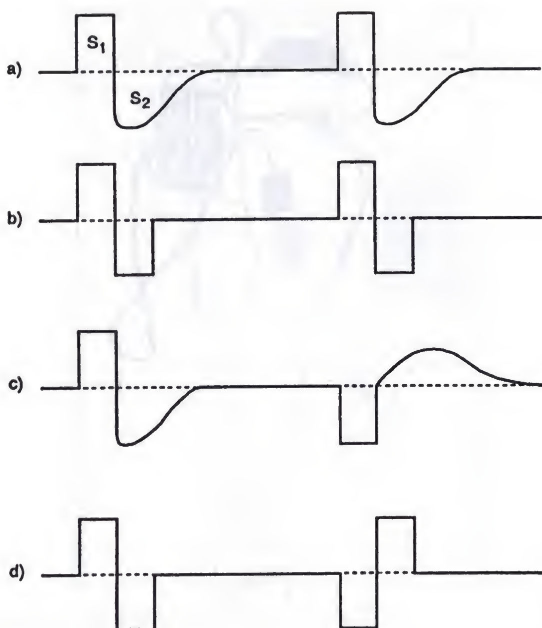


FIG. 5-2. *Caractéristiques des différentes impulsions.* Le courant constant rectangulaire est à moyenne électrique nulle lorsque les deux surfaces (+ et –) sont égales; la surface de compensation est égale à la surface de l'impulsion active (pas de risques de brûlures même avec du matériel d'ostéosynthèse). a) Monophasique compensé asymétrique. b) Monophasique compensé symétrique. c) Biphasique compensé asymétrique. d) Biphasique compensé symétrique.

traitement de longue durée. Le choix du type d'électrodes se fait en fonction de la localisation de la stimulation et, du mode de stimulation en monopolaire (électrode négative : cathode active), ou bipolaire (les deux électrodes — anode, cathode — sont alternativement actives) (fig. 5-3 et 5-4). Pour le même passage de courant total, la densité du courant à une électrode augmente en proportion inverse de sa surface; ainsi plus la surface de l'électrode est petite et plus la densité du courant augmente de même que la résistance ohmique de la peau. Donc une électrode peut être rendue plus active, sur une zone localisée et précise de stimulation, en la choisissant de faible surface et en la plaçant sur la zone motrice du muscle; l'autre «indifférente» sera la plus grande possible (méthode monopolaire). Si le muscle présente un gros volume, il est préférable d'adopter la méthode bipolaire avec des électrodes de même surface. Les électrodes sont toujours placées dans le sens longitudinal des fibres car les fibres conduisent environ 4 à 6 fois mieux le courant dans le sens de la longueur

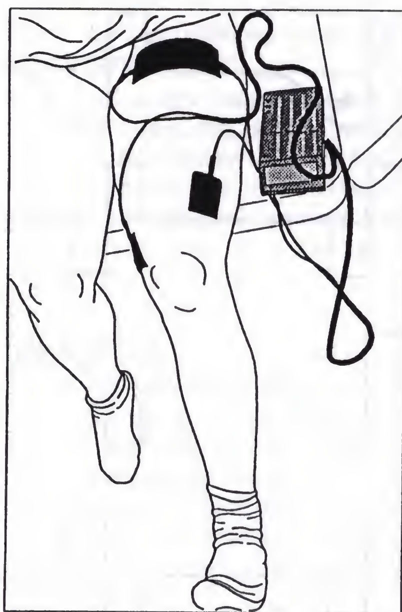


FIG. 5-3. *Place des électrodes en stimulation monopolaire.* L'électrode distale se place en regard du point moteur du muscle à stimuler (la préparation de la peau par rasage est importante). Les électrodes sont placées dans le sens longitudinal et, plus elles sont éloignées plus grand est le champ électrique créé (recrutement plus important de fibres musculaires). La position du genou (15/0/0) recrute de préférence le vaste médialis, tandis qu'avec une flexion à (75/60/0) nous recrutons mieux les autres chefs du quadriceps. L'association avec une contraction isométrique résistée, concentrique ou excentrique peut être demandée au sujet.

que dans le sens transversal. Pour faciliter la stimulation en profondeur, les électrodes sont écartées au maximum.

Dans le cas particulier de la reconstruction du LCA par plastie intra-articulaire, l'ESNM doit observer quelques impératifs [7, 26, 30] *:*

– *quadriceps seul (Q) :* genou fléchi de 60 à 90° (avec contre-appui sur la tubérosité tibiale antérieure du tibia) ;

– *ischio-jambiers seuls (IJ) :* genou fléchi de 45 à 90° ;

– *co-contractions (IJ/Q) :* la flexion du genou est de 45 à 90° et l'intensité appliquée au niveau des IJ supérieure à celle du Q.

Il ne faut pas oublier la stimulation du triceps sural qui s'atrophie très vite après ligamentoplastie.

En postopératoire immédiat, un programme d'ESNM de 4 h/j [30] est appliqué : prévention, traitement de l'atrophie et mobilisation du cul-de-

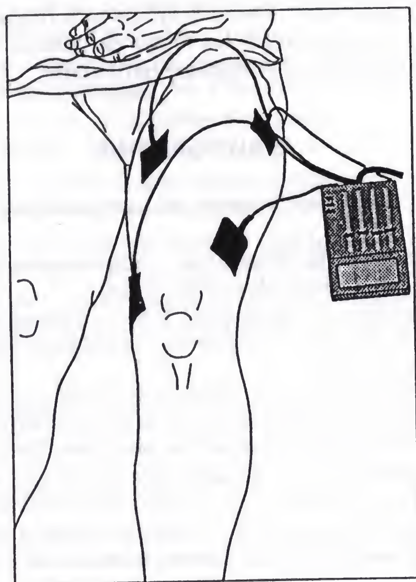


FIG. 5-4. *Place des électrodes en stimulation bipolaire* (mêmes considérations que pour la stimulation en monopolaire).

sac sous-quadricipital (voir tableau 5-II) qui permet de mieux évacuer l'hémarthrose et de lever la sidération musculaire. Ce programme dure environ 2 à 3 semaines et est ensuite remplacé par un traitement de 1 h 30 à 2 h à domicile. Si ce temps de stimulation semble long, il est de moitié inférieur au 8 h/j qu'utilisent Morrissey [23] et Sisk [29] ou au 6 h de Wilk [34, 35].

Remarque : ce programme de stimulation dure environ 6 à 8 semaines selon la récupération fonctionnelle et les besoins spécifiques des sujets (endurance, puissance… voir tableaux 5-I et 5-II). L'ESNM de recrutement musculaire ayant pour objectif la remobilisation des unités motrices est plus spécifiquement développé dans le chapitre de récupération musculaire.

Conclusion

L'ESNM du genou après traitement conservateur ou chirurgical permet de diminuer les problèmes liés à l'atrophie musculaire mais elle a également un effet non négligeable sur la douleur en diminuant les influx nociceptifs (gate control). Son utilisation de façon très précoce, en respectant les impératifs de cicatrisation des parties molles et les conditions physiologiques des fibres musculaires, va permettre de diminuer les suites postopératoires (sur la douleur, la mobilité et la stabilité).

Une stimulation de longue durée, à différentes fréquences, semble être plus efficace car en augmentant les temps de contraction, elle développe les qualités indispensables d'endurance musculaire.

BIBLIOGRAPHIE

[1] APPEL H.J. — Skeletal muscle atrophy during immobilisation. *Int. J. Sports Med.*, 1986, *7*, 1-12.

[2] BARRACK R., SKINNER H., BUCKLEY S. — Proprioception in the anterior cruciate deficient knee. *Am. J. Sports Med.*, 1989, *17*, 1-6.

[3] BIGARD A.X., CANON F., GUEZENNEC C.Y. — Conséquences histologiques et métaboliques de l'électromyostimulation : revue de la littérature. *Science and Sports*, 1991, *6*, 275-292.

[4] BOITARD J., BACQUART F. *et al.* — *Intérêt de l'électromyographie dans le suivi et la programmation de la rééducation du genou ligamentaire opéré.* « Rééducation 86 », p. 47-54. Expansion scientifique française, Paris, 1986.

[5] BRODARD R., GOBELET C. — *Données actuelles en électromyostimulation fonctionnelle.* Principes théoriques, vol. 1. Médicompex, Genève, 1988.

[6] CABRIC M. APPELL H.J., RESIC A. — Effects of electrical stimulation of different frequencies on the myonuclei and fiber size in human. *Int. J. Sports Med.*, 1987, *8*, 323-326.

[7] CHRISTOPHER C.K., MCCARTHY J.A. *et al.* — An *in vivo* analysis of the effect of transcutaneous electrical stimulation of the quadriceps and hamstrings on anterior cruciate ligament deformation. *Am. J. Sports Med.*, 1988, *16*, 147-152.

[8] DELITTO A., SNYDER-MARCKLER L. — Two theories of muscle strength augmentation using percutaneous electrical stimulation. *Phys. Ther.*, 1990, *70*, 158-164.

[9] DONSELAAR Y., EERBEEK O. *et al.* — Fibre sizes and histochemical staining characteristics in normal and chronically stimulated fast muscle of cat. *J. Physiol.*, 1987, *382*, 237-254.

[10] ERIKSSON E., HÄGGMARK T. — Comparison of isometric muscle training and electrical stimulation supplementing isometric muscle training in the recovery after major knee ligament surgery. *Am. J. Sports Med.*, 1979, *7*, 169-171.

[11] FAHRER H., RENTSCH H.U. *et al.* — Knee effusion and reflex inhibition of the quadriceps. A bar to effective retraining. *J. Bone Joint Surg.*, 1988, *70B*, 635-638.

[12] GIBSON J.N., SMITH K., RENNIE M.J. — Prevention of disuse muscle atrophy by means of electrical stimulation : maintenance of protein synthesis, p. 767-770. *Lancet*, 1988.

[13] GOBELET C., GREMION G. *et al.* — Électromyostimulation : un moyen de renforcement musculaire. *Muscle Reeduc*, 1988, *12*, 109-213.

[14] GOBELET C. — *Communication au cours de perfectionnement en médecine du sport.* Fribourg, 1990.

[15] GREMION G., LACRAZ A. *et al.* — Électro-stimulation : Traitement des amyotrophies. *In : Rééducation des traumatismes sportifs : Actualités en médecine du sport*, p. 5. Masson, Paris, 1990.

[16] GRIMBY G., NORDWALL A. *et al.* — Changes in histochemical profile of muscle after long term electrical stimulation in patients with idiopathic scoliosis. *Scand. J. Rehab. Med.*, 1985, *17*, 191-196.

[17] HAINAUT K., DUCHATEAU J. — Neuromuscular electrical stimulation and voluntary exercise. *Sports Med.*, 1992, *14*, 100-113.

[18] KARLSON J. — Lactate and phosphagen concentrations in working muscle of man. *Acta Physiol. Scand.*, Suppl., 1971, *1*, 72.

[19] KENNEDY J.C., ALEXANDER I.J., HAYES K.C. — Nerve supply of the human knee and its functional importance. *Am. J. Sports Med.*, 1982, *10*, 329-335.

[20] KERKOUR K., MEIER J.L., MANSUY J. — Chirurgie du genou : Électromyostimulation programmable. *Ann. Réadap. Méd. Phys.*, 1990, *33*, 55-61.

[21] KRAMER J.F. — Effect of electrical stimulation current frequencies on isometric knee extension torque. *Phys. Ther.*, 1987, *67,* 31-38.

[22] LAKE D.A. — Neuromuscular electrical stimulation : An overview and its application in the treatment of sports injurie. *Sports Med.*, 1992, *13*, 320-336.

[23] MORRISSEY M.C., BREWSTER C.E., SHIELDS C. — The effect of electrical stimulation on the quadriceps during postoperative knee immobilization. *Am. J. Sports Med.*, 1985, *13*, 40-45.

[24] PORTMAN N. — Electromyostimulation. *In : Physiologie appliquée de l'activité physique* (Nadeau M., Perronnet F., eds), p. 255-258. Vigot, Paris, 1980.

[25] PORTMAN M., MONPETIT R. — Effets de l'entraînement par électrostimulation isométrique et dynamique sur la force de contraction musculaire. *Sc. Sports*, Elsevier, 1991, *6*, 193-203.

[26] RENSTRÖM P., ARMS S.W. *et al.* — Strain within the anterior cruciate ligament during hamstrings and quadriceps activity. *Am. J. Sports Med.*, 1986, *14*, 83-87.

[27] ROQUES C.F., CONDOURET J., BOURG V. — Renforcement musculaire par électrostimulation, p. 27-29. *JAMA, Act. thérapeutiques* (supplément), n° hors série, Paris, 1990.

[28] SELKOWITZ D.M. — High frequency electrical stimulation in muscle strengthening : A review and discussion. *Am. J. Sports Med.*, 1989, *17*, 103-111.

[29] SISK T.D., STRALKA S.W. *et al.* — Effect of electrical stimulation on the quadriceps strength after reconstructive surgery of the anterior cruciate ligament. *Am. J. Sports Med.*, 1987, *15*, 215-220.

[30] SNYDER M.L., LADIN Z. *et al.* — Electrical stimulation of the thigh muscles after reconstruction of the anterior cruciate ligament. Effects of electrically elicited contraction of the quadriceps femoris and hamstrings muscles on gait and on strength of the thigh muscles. *J. Bone Joint Surg.*, 1991, *73*, 1025-1036.

[31] SPENCER J.D., HAYES K.C., ALEXANDER I.J. — Knee joint effusion and quadriceps reflex inhibition in man. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 1984, *65*, 171-177.

[32] THÉPAUT-MATHIEU C., POUGHEON M. — Électro-stimulation appliquée de manière prolongée. *Kinés. scient.*, 1992, *308*, 15-20.

[33] VANDERTHOMMEN M., CONSTANT T., CRIELAARD J.M. — Intérêts de l'électromyostimulation de basse fréquence après arthroscopie du genou. *Kinés. scient.*, 1992, *308*, 21-22.

[34] WILK K.E., ANDREWS J.R. — Current concepts in the treatment of anterior cruciate ligament disruption. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1992, *15*, 279-294.

[35] WILK K.E., ANDREWS J.R., CLANCY W.G. — Quadriceps Muscular strength after removal of the central third patellar tendon for controlateral ACL reconstruction surgery : a case report. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1993, *18*, 692-697.

[36] WRIGHT J., HERBERT M.A. *et al.* — Morphologic and histochemical characteristics of skeletal muscle after long-term intramuscular electrical stimulation. *Spine*, 1992, *17*, 767-770.

6 ORTHÈSES DE PROTECTION ET CONTENTIONS DU GENOU EN RÉÉDUCATION

GENOUILLÈRES OU ORTHÈSES DE PROTECTION (BRACES)

Les genouillères peuvent être utilisées dans un ***but*** soit ***prophylactique, soit fonctionnel ou en postopératoire*** (voir tableau 6-I).

Tableau 6-I. *Avantages et inconvénients des genouillères utilisées en prophylaxie, postopératoire et fonctionnel*

Buts	Avantages	Inconvénients
Prophylaxie	– Psychologique	– Peu d'efficacité – Dépendance – Coût inutile – Augmente la fatigue musculaire
Postopératoire	– Charge précoce et rééducation facilitée – Limiter une amplitude articulaire – Contrôle du varus/valgus du genou – Immobilisation relative permettant la kinésithérapie – Légère et confortable	– Coût inutile – Compliance du patient – Bonne taille – Entretien
Fonctionnel	– Reprise du sport et des activités plus précoce – Peut être utilisée en prophylaxie après reconstruction du LCA ou traitement – Conservateur – Enfant non opérable (cartilages de croissance non fermés)	– Contrôle pas ou peu la rotation et le tiroir antérieur – Coût très élevé (si sur mesure) – « Fausse sécurité »

❒ **Orthèses prophylactiques** (fig. 6-1)

Un grand nombre d'orthèses de protection du genou, à titre préventif, sont couramment utilisées, plus particulièrement aux USA (pour des raisons d'assurance médicale). Mais aucune étude « sérieuse » n'a permis de montrer une diminution significative des lésions ligamentaires du genou dans des populations utilisant des genouillères préventives [1, 2, 3, 4, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17]. Certains auteurs reconnaissent néanmoins un effet positif (subjectif et psychologique), avec une augmentation de la stabilité du genou [5-8]. Erickson [5] retrouve une certaine utilité pour protéger le LCM sur un genou en flexion à 30° mais pas en extension et aucun effet protecteur sur le LCA. D'autres auteurs, par contre, observent une augmentation des lésions avec le port de genouillères; ces lésions seraient dues à une augmentation prématurée de la fatigue musculaire du fait d'une perfusion locale insuffisante pour le travail musculaire [14, 36].

Rapportons ici les propos de Leach [12] dans un éditorial de la revue *Am. J. Sports Med.* (1994) : « Lorsque j'ai décidé d'équiper les 90 joueurs de l'équipe de football de genouillères prophylactiques, je m'étais dit que si un seul genou pouvait être sauvé par an, cela paierait facilement les 89 autres. La 1re année en effet au sein de l'équipe universitaire nous avons eu 1/3 de moins de lésions du LCM que ce que nous avions prévus : "BINGO" succès instantané! L'année d'après, malheureusement nous étions revenus au même niveau de lésions….Et le directeur technique voulait alors me faire payer toutes les orthèses. »



FIG. 6-1. *Genouillère utilisée en prophylaxie lors de la pratique sportive.*

❒ Orthèses en postopératoire

L'utilisation d'attelles en postopératoire a pour but soit : une immobilisation relative du genou dans un secteur articulaire défini, soit une mobilisation plus précoce de l'articulation afin d'éviter tous les effets secondaires d'une immobilisation totale (raideur, algoneurodystrophie...). Ces orthèses peuvent être en différents matériaux (plâtre, résines, toile, nylon...), rigides ou articulées (avec ou sans contrôle de l'amplitude articulaire), baleinées ou non, en extension totale ou avec une flexion de 10 à 20° selon les indications et les contraintes du chirurgien. Cependant, ce type d'attelles doit être suffisamment résistant pour protéger le genou d'un éventuel appui total accidentel lors d'une chute. La longueur, la taille, le système d'attache et le nombre d'attache (Velcro...), la réutilisation possible ou non, la facilité d'adaptation par le patient, le coût... sont des éléments à considérer lors de l'acquisition d'une attelle passive.

En postopératoire immédiat, elles ont un effet antalgique, de posture, de confort et permettent une mise en charge beaucoup plus précoce, même en l'absence de contrôle actif du quadriceps. Elles assurent un meilleur contrôle du valgus-varus, mais ne sont en général pas ou que peu efficaces sur la rotation ou la translation antéro-postérieure du tibia.

❒ Orthèses fonctionnelles

Une revue de la littérature montre qu'il existe toute une controverse et une confusion concernant les orthèses fonctionnelles aussi importantes que pour les orthèses prophylactiques [17, 37], car les différentes études ne comparent pas la même chose (études biomécaniques sur cadavre, orthèses avec des matériaux différents, effets subjectifs, mesures de laxités avec des arthromètres, signes cliniques...) et n'apportent que peu de critères objectifs utiles pour aider le clinicien à sélectionner tel ou tel autre type d'orthèse en fonction de la lésion. C'est souvent l'expérience qui guide le choix plus que les critères d'efficacité; il semble cependant, à la lecture des nombreux articles récents, qu'aucune orthèse ne puisse contrôler le déplacement anormal du tibia lors d'une lésion du LCA et que les orthèses fonctionnelles présentent peu d'intérêt; de plus, les effets à long terme sont inconnus.

L'orthèse la plus connue a été développée dans les années 70 aux USA au Lenox-Hill Hospital et porte le nom de Lenox-Hill. Cette orthèse a fait l'objet de beaucoup de controverse et est actuellement de moins en moins prescrite. Traditionnellement, les orthèses fonctionnelles sont utilisées pour restaurer la stabilité d'un genou qui a souffert d'une lésion ligamentaire; actuellement, elles permettent une rééducation plus précoce et plus «agressive» car nous pouvons contrôler l'amplitude articulaire. Certaines orthèses fonctionnelles peuvent être mises en place en postopératoire immédiat; après chirurgie de reconstruction du LCA, elles sont considérées comme prophylactiques pour éviter des lésions ou des contraintes



FIG. 6-2. *Attelle fonctionnelle pour lésion du LCA* (traitement conservateur ou postchirurgical).

excessives sur le néoligament (surtout pendant la 1re année), bien que peu d'entre elles garantissent un axe de mouvement en corrélation avec l'axe articulaire du genou (fig. 6-2 et 6-3).

Elles peuvent s'avérer nécessaires chez l'adolescent (dont les cartilages de croissance ne sont pas encore fermés), dans l'attente d'une reconstruction du pivot central; une genouillère articulée de protection peut être propice si l'instabilité est une gêne fonctionnelle importante pour les activités de la vie journalière ou pour faire un sport. Elles peuvent aussi être recommandées lors du traitement conservateur du genou.

CONTENTIONS ADHÉSIVES DU GENOU (STRAPPING OU TAPPING)

Tout comme les orthèses et genouillères, elles peuvent être utilisées dans un but prophylactique, fonctionnel ou thérapeutique. L'indication principale pour le genou est certainement la chondropathie rétro-patellaire (syndrome d'hyperpression externe). Dans le cadre des lésions ligamentaires, nous l'utilisons principalement pour la lésion du ligament collatéral médial, traité de façon conservative. La technique utilisée est mixte, avec des bandes extensibles et rigides (fig. 6-4 et 6-5). Les contentions sont réalisées avec des lés de 6 cm de large pour les extensibles et de 4 cm pour les rigides. Les embases où s'amarrent les lés sont de 8 cm. Les



FIG. 6-3. *Orthèse articulée permettant une mobilisation active contrôlée du genou et une rééducation en charge précoce.* a) Auto-posture (gain en flexion ou travail isométrique par résistance du talon opposé sous TTA). b) Travail des ischio-jambiers contre charge en sus-malléolaire. c) Squat avec charge additionnelle dans les mains.

contentions sont réalisées sur une peau préalablement dégraissée (avec de l'éther) puis rasée et enduite de teinture de Benjoin (ou spray protecteur).

Le but de cette contention est de limiter le valgus — la rotation externe (mouvement de l'entorse) et l'extension du genou (mise en tension des fibres postérieures et du PAPI) — tout en permettant une mobilisation active du genou ; celle-ci va favoriser la cicatrisation du ligament et permettre une cryothérapie efficace et une électrothérapie par ondes courtes pulsées immédiate (les ultrasons sont contre-indiqués dans les 10 premiers jours, mais sont utiles ensuite).

Cette contention collée permet de limiter le jeu articulaire par effet mécanique [39], en limitant le déplacement des plans cutanés où les bandes sont appliquées (plus le montage est long, plus il est efficace).

Ce strapping (ou taping) est changé le moins souvent possible (une fois par semaine est en moyenne suffisant) car son ablation entraîne des

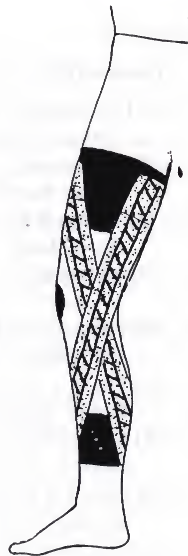


Fig. 6-4. *Après préparation de la peau (dégraissage et rasage), nous posons une double embase, proximale sur le segment crural et une distale sur le segment jambier (de 8 cm extensible).* Le 1[er] lé part de la face externe de la cuisse et se termine sur la face interne de la jambe (sur les embases). Le 2[e] lé part de la face interne de la cuisse, croise le 1[er] en arrière du centre de flexion/extension du genou, passe sur la face externe de la jambe; le thérapeute imprime alors un mouvement de rotation interne au segment jambier et ramène la bande sur la crête tibiale pour créer un rappel rotatoire interne. Les bandes sont croisées en X et, pour augmenter la stabilité nous y ajoutons une bande inextensible de 4 cm de large sur les bandes extensibles. Au besoin, ces bandes en X sont doublées.



Fig. 6-5. *Nous ajoutons une bande fronde [40], qui va de la face externe de la cuisse, croise la face interne du genou (en arrière de la rotule sans la toucher), vient sur la face externe de la jambe. Le montage se termine en plaçant des embases proximales et distales pour maintenir les bandes.*

réactions cutanées importantes. Il est préférable de rajouter une lé supplémentaire que de tout changer. En règle générale, il est laissé en place un maximum de 6 à 8 semaines, avec sevrage progressif, jusqu'à disparition de la symptomatologie douloureuse; au besoin, un montage moins contraignant peut être réalisé pour la reprise du sport.

BIBLIOGRAPHIE

Genouillères ou orthèses de prévention

[1] ALBRIGHT J.P., POWELL W.J. *et al.* — Medial collateral ligament knee sprains in college football. *Am. J. Sports Med.*, 1994, *22*, 12-18.

[2] BAKER B.E., VAN HANSWYK E. *et al.* — The effect of knee braces on lateral impact loading knee. *Am. J. Sports Med.*, 1989, *17*, 182-186.

[3] BAKER B.E. — The effect of bracing on the collateral ligaments of the knee. *Clin. Sports Med.*, 1990, *9*, 843-851.

[4] BAKER B.E. — Prevention of ligament injuries to the knee. *Exer. Sport Sc. Rev.*, 1990, *18*, 291-305.

[5] ERICKSON A.R., YASUDA K. — An *in vitro* dynamic evaluation of prophylactic knee braces during lateral impact loading. *Am. J. Sports Med.*, 1993, *23*, 26-35.

[6] FRANCE E.P., PAULOS L.E. *et al.* — The biomechanics of lateral knee bracing. Part II : Impact response of the braced knee. *Am. J. Sports Med.*, 1987, *15*, 430-438.

[7] FRANCE E.P., PAULOS L.E. — *In vitro* assessment of prophylactic knee brace function. *Clin. Sports Med.*, 1990, *849*, 823-841.

[8] GRACE T.G., SKIPPER B.J. — Prophylactic knee braces and injury to the lower extremity. *J. Bone Joint Surg.*, 1988, *70A*, 422-428.

[9] GARRICK J.G., REQUA R.K. — Prophylactic knee bracing. *Am. J. Sports Med.*, 1987, *15*, 471-476.

[10] GARRICK J.G., REQUA R.K. — Prophylactic knee bracing. *Am. J. Sports Med.*, 1988, *16* (suppl. 1), 118-123.

[11] HEWSON G.F., MENDINI R.A., WANG J.B. — Prophylactic knee bracing in college football. *Am. J. Sports Med.*, 1986, *14*, 262-266.

[12] LEACH R.E. — Prophylactic knee bracing : Editorial. *Am. J. Sports Med.*, 1994, *22*, 1.

[13] PAULOS L.E., CAWLEY P.W., FRANCE E.P. — Impact biomechanics of lateral knee bracing. The anterior cruciate ligament. *Am. J. Sports Med.*, 1991, *19*, 337-342.

[14] REQUA R.K., GARRICK J.G. — Clinical significance and evaluation of prophylactic knee brace studies in football. *Clin. Sports Med.*, 1990, *9*, 853-869.

[15] ROVERE G.D., HAUPT H.A., YATES C.S. — Prophylactic knee bracing in college football. *Am. J. Sports Med.*, 1987, *15*, 116-126.

[16] SITLER M., RYAN J. *et al.* — The efficacy of a prophylactic knee brace to reduce knee injuries in football. *Am. J. Sports Med.*, 1990, *18*, 310-315.

[17] TEITZ C.C., HERMANSON B.K. *et al.* — Evaluation of the use of braces to prevent injury to the knee in collegiate football players. *J. Bone Joint Surg.*, 1987, *69A*, 2.

Postopératoire et fonctionnelles

[18] ANDERSON K., WOJTYS E.M. *et al.* — A biomechanical evaluation of taping and bracing in reducing knee joint translation and rotation. *Am. J. Sports Med.*, 1992, *20*, 416-421.

[19] BLAUTH W., ULRICH H.W., HAHNE H.J. — Sinn und Unsinn von Knieorthesen, p. 221-227. *Unfallchirurg.*, *93*, 1990.

[20] BARRACK R.L., BRUCKNER J.D. *et al.* — The outcome of nonoperatively treated complete tears of anterior cruciate ligament in active young adults. *Clin. Orthop.*, 1990, *259*, 192-199.

[21] BRANCH T., HUNTER R., REYNOLDS P. — Controlling anterior tibial displacement under static load : a comparison of two braces. *Orthopedics*, 1988, *11*, 1249-1252.

[22] BRANCH T.P., HUNTER R.E. — Functional analysis of anterior cruciate ligament braces. *Clin. Sports Med.*, 1990, *9*, 771-797.

[23] COLVILLE M.R., LEE C.L., CIULLO J.V. — The Lenox Hill brace. An evaluation of effectiveness in treating knee instability. *Am. J. Sports Med.*, 1986, *14*, 257-261.

[24] COOK F.F., TIBONE J.E., REDFERN F.C. — A dynamic analysis of a functional brace for anterior cruciate ligament insufficiency. *Am. J. Sports Med.*, 1989, *17*, 519-524.

[25] COUGHLIN L., OLIVER J., BERRETTA G. — Knee bracing and anterolateral rotary instability. *Am. J. Sports Med.*, 1987, *15*, 161-163.

[26] FRANCE E.P., CAWLEY P.W., PAULOS L.E. — Choosing functional knee braces. *Clin. Sports Med.*, 1990, *9*, 743-750.

[27] GERBER C., JAKOB R.P., GANZ R. — Observations concerning the limited mobilisation cast after anterior cruciate ligament surgery. *Arch. Orthop. Trauma. Surg.*, 1983, *101*, 292-296.

[28] JONSSON H., KARRHOLM J. — Brace effects on the unstable knee in 21 cases. A roentgen stereophotogrammetric comparison of three designs. *Acta Orthop. Scand.*, 1990, *61*, 313-318.

[29] KANNUS P., JARVINEN M. — Nonoperative treatment of acute knee ligament injuries. A review with special reference to indications and methods. *Sports Med.*, 1990, *9*, 244-260.

[30] KNUTZEN K.M., BATES B.T. *et al.* — A biomechanical analysis of two functional knee braces. *Med. Sc. Sports Exer.*, 1987, *19*, 303-309.

[31] MARANS H.J., JACKSON R.W. *et al.* — Functional testing of braces for anterior cruciate ligament-deficient knees. *Can. J. Surg.*, 1991, *34*, 167-172.

[32] MILLET C., DREZ D. — Knee braces. *Orthopedics*, 1987, *10*, 1777-1780.

[33] MILLET C., DREZ D. — Principles of bracing for the anterior cruciate ligament-deficient knee. *Clin. Sports Med.*, 1988, *7*, 827-833.

[34] NELSON K.A. — The use of knee braces during rehabilitation. *Clin. Sports Med.*, 1990, *9*, 799-811.

[35] REGALBUTO M.A., ROVICK J.S., WALKER P.S. — The forces in a knee brace as a function of hinge design and placement. *Am. J. Sports Med.*, 1989, *17*, 535-543.

[36] STYF J.R., LUNDIN O., GERSHUNI D.H. — Effects of a functional knee brace on leg muscle function. *Am. J. Sports Med.*, 1994, *22*, 830-833.

[37] WALKER P.S., ROVICK J.S., ROBERTSON D.D. — The effects of knee brace hinge design and placement on joint mechanics. *J. Biomech*, 1988, *21*, 965-974.

[38] WOJTYS E.M., GOLDSTEIN S.A. *et al.* — A biomechanical evaluation of the Lenox Hill knee brace. *Clin. Orthop.*, 1987, *220*, 179-184.

Références contentions

[39] NEIGER H. — *Les contentions souples adhésives. Application en traumatologie du sport et en rééducation.* Masson, Paris, 1988.

[40] PIERRON G., RIBREAU L., DEBEAUQUESNE J.-L. — Conception et validation des contentions collées de genoux. *Ann. Kinésithér.*, 1994, *21*, 365-371.

7 LES PRINCIPALES COMPLICATIONS DES LIGAMENTOPLASTIES EN RÉÉDUCATION

Les suites des lésions ligamentaires du genou, opérées ou non, sont malheureusement perturbées quelquefois de complications freinant plus ou moins gravement la récupération. De la simple inflammation à l'algodystrophie majeure, celles-ci doivent être précocement identifiées pour que la rééducation n'aggrave pas cet état. Le rééducateur par sa présence quotidienne au côté du patient est la personne la plus apte à détecter une anomalie de progression et à en avertir le médecin ou le chirurgien.

LIGAMENTOPLASTIE DU LCA : CYCLOPS SYNDROME [4]

De fréquence relative (jusqu'à 10 % des opérés selon certaines séries) [2], ce syndrome est caractérisé par une inflammation plus ou moins permanente de la cavité articulaire avec épanchement contre-indiquant toute rééducation musculaire. Le « cyclops syndrome » est objectivé à l'arthroscopie par une prolifération tissulaire à la base du transplant. Cette complication s'accompagne de conflits avec l'échancrure pouvant générer un flexum permanent.

D'autres formes de fibroses globales du genou avec enraidissement en extension et en flexion sont également décrites [6]. Elles peuvent s'accompagner d'une ostéoporose.

Dans le meilleur des cas, la régularisation arthroscopique permettra une récupération et des suites fonctionnelles normales. En présence d'un flexum permanent, une plastie d'échancrure est discutée secondairement.

En présence d'une telle complication, la récupération de la flexion est généralement effectuée sans problème particulier permettant de différencier le « cyclops syndrome » d'un excès de tension du transplant.

Le diagnostic différentiel avec l'algodystrophie procurant une douleur plus étendue, descendant sur la jambe, moins hydarthrosique doit être évoqué avant l'arthroscopie exploratrice et régularisatrice car celle-ci pourrait exagérer le tableau algodystrophique.

La rééducation articulaire est donc généralement effectuée sans difficulté en flexion, plus difficilement et surtout douloureuse en extension. La rééducation musculaire intensive est contre-indiquée du fait de l'épanchement articulaire.

ALGODYSTROPHIE

On pourrait appliquer à l'algodystrophie dans les suites des lésions et de la chirurgie du genou, la définition de... l'asthme que donnait AUGE! : « Pierrot pour l'espièglerie, arlequin par les dissonances de son habit, funambule sur la corde raide du déterminisme pathologique... » tant cette complication se présente sous des tableaux variés associant plus ou moins certains signes inscrits dans le syndrome, tant son apparition quelquefois retardée peut surprendre, tant la dissociation des signes radiologiques et cliniques est quelquefois malicieuse.

Le support physiopathologique repose sur la perturbation microcirculatoire résultant d'un dérèglement de la régulation neurovégétative sympathique [1].

On retient l'association de signes radiologiques à types de déminéralisation, d'aspect cotonneux, de liseré cortical marqué. Il est souhaitable en début d'évolution de comparer le cliché avec celui du genou controlatéral effectué avec les mêmes constantes radiologiques. L'apparition des signes radiologiques est généralement postérieure aux signes cliniques sans que cela soit une règle. La scintigraphie peut confirmer un doute éventuel. L'IRM, bien que ce ne soit pas là son indication, peut objectiver l'algodystrophie.

Le tableau clinique repose en fait sur deux signes principaux que sont la douleur et la raideur articulaire. Les signes trophiques sont plus annexes. *La douleur* est vague de topographie imprécise, débordant souvent sur le segment jambier, décrite par le patient comme une impression de serrage du genou dans un étau, d'intensité variable. *La raideur articulaire* plus ou moins importante se répercute sur la flexion à toute angulation et/ou sur l'extension avec une mobilité rotulienne subnormale.

Il faut retenir le polymorphisme des algodystrophies, leur variation de délais d'apparition (quelques jours, quelques semaines voire quelques mois après la lésion ou l'acte chirurgical) et, du fait de la relative fréquence d'apparition, l'attitude « diagnostique préventive » de l'équipe médicale. En effet, le moindre signe du tableau algodystrophique doit être communiqué au médecin pour la mise en place d'un traitement à base de calcitonine. Ce traitement, aux effets secondaires fréquemment pénibles, sera d'autant plus efficace que sa prescription aura été précoce.

Si une rééducation brutale est certainement un facteur favorisant, on ne peut affirmer qu'une rééducation intensive déclenche une algodysrophie, tout au plus elle précipite son apparition.

En sa présence, la rééducation vise à établir un juste équilibre entre la douleur déclenchée par le geste de rééducation et son efficacité en termes d'entretien ou de restitution de la mobilité. A ce titre, la balnéothérapie est largement conseillée.

Beaucoup de thérapies, plus ou moins fantaisistes et surtout sans fondements physiopathologiques, sont décrites et pratiquées face à cette complication, sans qu'aucune n'ait véritablement fait preuve de son efficacité réelle, permanente et reproductible. Elles peuvent néanmoins apporter un soutien psychologique au patient.

Le long chemin que parcourt le rééducateur en présence d'une algodystrophie (plusieurs mois) lui impose un rôle de soutien psychologique et une cohérence de langage dans l'évolution et la durée vis-à-vis de son patient.

SYNDROME PATELLAIRE

Les suites chirurgicales de la ligamentoplastie du LCA peuvent être perturbées secondairement par des syndromes patellaires. Les causes sont diverses parmi lesquelles nous pouvons principalement citer :

– la localisation du prélèvement du transplant sur l'appareil extenseur;

– l'état inflammatoire plus ou moins prolongé incompatible avec une rééducation musculaire dynamique;

– le flexum résiduel du genou;

– et surtout l'état articulaire fémoro-patellaire antérieur, potentiellement dégradé mais non exprimé cliniquement auparavant. En effet, nombre de patients n'ont pratiqué aucun renforcement musculaire et présentent un syndrome rotulien postopératoire indice d'un facteur potentiel latent sans que la musculation puisse être incriminée. On retrouve très fréquemment sur les clichés radiologiques de profil de ces patients le signe du croisement de type I témoignant d'une légère dysplasie patellaire.

Les circonstances d'apparition et de confirmation diagnostique sont rapportées ci-dessus dans « Les principales localisations douloureuses, face antérieure, localisation n° 2 ».

L'objectif de la rééducation tend alors à respecter les consignes « Attitude thérapeutique » (p. 110) et éviter tout renforcement musculaire surtout en chaîne ouverte pour privilégier les exercices fonctionnels peu intensifs.

TENSION EXCESSIVE DU TRANSPLANT DE LCA

Les études de positionnement du transplant et la recherche de l'isométrie du transplant [3, 5] ont largement concouru à diminuer les mauvais positionnements et rendre ce type de complications peu fréquentes.

La limitation des derniers degrés de flexion avec une notion de blocage sec, ou la limitation en extension mise en évidence par la technique de

mesure centimétrique du flexum sont des traductions d'un transplant court ou rendu court par butée sur l'échancrure.

Les moyens à la disposition du rééducateur sont limités dans ce cas de figure. Tout au plus, peut-on conseiller de prendre quelques libertés avec les principes biomécaniques de renforcement musculaire du quadriceps et de récupération articulaire (*cf.* p. 25 et 38) pour créer une légère distension du transplant.

En conclusion, nous retenons que tout épanchement articulaire est le témoin d'un dysfonctionnement ou de lésion anatomique. De ce fait, il doit attirer l'attention du rééducateur et du chirurgien et surtout ne pas être négligé lors du choix des techniques et stratégies de rééducation.

Retenons également que l'état cartilagineux fémoro-tibial et fémoro-patellaire dégradé antérieurement demeure avec ses traductions douloureuses éventuelles, ainsi que l'état méniscal sans réparation, même si on peut espérer une cicatrisation très aléatoire.

PRINCIPALES LOCALISATIONS DOULOUREUSES RENCONTRÉES LORS DE LA RÉÉDUCATION DES LIGAMENTOPLASTIES DU LCA

Les douleurs décrites dans ce chapitre sont celles qui résultent directement ou indirectement du traumatisme du LCA et surtout de l'intervention chirurgicale palliative. Sont exclues du répertoire suivant, les douleurs en rapport avec une lésion ou une dégradation préalable des cartilages, ménisques ou autres structures ligamentaires.

Face antérieure (fig. 7-1)

1. Tendon patellaire : zone de prélèvement du transplant quelquefois uniquement sur les prises de greffons osseux

Circonstances d'apparition :

– spontanément ;
– marche ;
– exercices de renforcement inadaptés du quadriceps.

Origine : inflammation du site de prélèvement.

Attitude thérapeutique :

– arrêt ou diminution des exercices quadricipitaux (respect de la douleur) ;
– thérapeutique anti-inflammatoire ;
– mise au repos (diminution du périmètre de marche, reprise des cannes…) ;
– strapping d'abaissement de la patella.

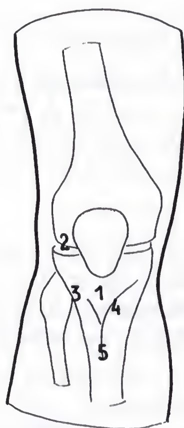


FIG. 7-1. *Localisations douloureuses à la face antérieure.*

Commentaire : la localisation peut également se faire sur le tendon quadricipital pour la plastie selon la technique de MacIntosh.

*

* *

2. Bords latéraux de la patella

Circonstances d'apparition : sollicitation de l'appareil extenseur surtout en chaîne fermée [appui unipodal, reprise des activités sportives (course à pied, marche en montagne en particulier à la descente, ski...), descente des escaliers].

Origine : souffrance du cartilage patellaire par mauvais engagement de la patella dans la trochlée à la suite d'un dérèglement des tensions latérales par les sutures (en particulier de la voie d'abord externe). La pérennisation de cet état sera d'autant plus évidente que les fibres basses du vaste médial sont atones.

L'origine est confirmée par un demi-accroupissement en appui monopodal, en exécutant manuellement une translation soutenue, interne ou externe sur la patella qui fait disparaître la douleur.

Attitude thérapeutique : en rééducation, éviter tout exercice de renforcement ou de proprioception déclenchant la douleur.

Pratiquer une tonification des fibres basses du vaste médial et une mise en étirement manuelle du plan collatéro-patellaire latéral.

Pour les activités physiques et sportives, placer un strapping avec bandes à effet de translation latérale de la rotule sur une protection Élastomousse® (ablation plus facile) éventuellement encollée.

Pour les douleurs lors de la marche en terrain descendant, conseiller le sac à dos léger et surtout la descente avec des bâtons de ski.

Commentaire : la rééducation, quelquefois incriminée dans l'apparition des chondropathies patellaires, n'a de responsabilité que si le renforcement musculaire est pratiqué de manière persistante sur un genou douloureux présentant la symptomatologie ci-dessus.

Les conflits d'échancrure avec flexum peuvent se manifester sous cette localisation douloureuse lors de l'extension.

*
* *

3. Zone cutanée sous patellaire en dehors de la voie d'abord cutanée

Circonstances d'apparition : spontanément ou par contact.

Origine : dysesthésies en rapport avec la section de la branche cutanée patellaire du nerf saphène interne (un ou plusieurs rameaux).

Rarement, il peut exister un névrome au niveau de la cicatrice.

Attitude thérapeutique : en général pas de traitement. Avertir le patient de l'évolution régressive par recouvrement par les rameaux limitrophes ou par repousse nerveuse, ou de l'éventuel déficit définitif sur une zone limitée.

Commentaire : une petite zone analogue peut exister sur la voie d'abord externe par section d'une branche du nerf fémoro-cutané.

*
* *

4. Partie antéro-médiale de l'extrémité supérieure du tibia

Circonstances d'apparition :
– massage cutané ;
– mise à genou.

Origine : émergence du tunnel transtibial et fixation du transplant par vis ou agrafe.

Attitude thérapeutique : aucune dans un premier temps. Ablation chirurgicale de la vis à partir d'un an postopératoire environ si la gêne est importante.

*
* *

5. Crête tibiale sur une hauteur variable

Circonstances d'apparition : extrêmement variables.

Origine :
– algodystrophie (voir p. 107) ;
– hématome peropératoire résiduel.

Attitude thérapeutique :
- algodystrophie (voir p. 107);
- hématome : drainage lymphatique manuel.

Commentaire : la douleur au niveau du genou du syndrome algodystrophique est vague, mal localisée et souvent décrite comme une sensation d'étau enserrant le genou et débordant sur le segment jambier.

*

* *

6. Globalité du genou sans localisation précise

Circonstances d'apparition : spontanée plutôt nocturne ou suite aux séances de rééducation

Origine :
- inflammation de la cavité articulaire;
- arthrite?

Attitude thérapeutique :
- traitement anti-inflammatoire;
- glaçage avec vessie de glace et serviette humide;
- dosage de la rééducation;
- arthrite : *cf.* médecin.

Face postérieure (fig. 7-2)

1. Fond du creux poplité dans la partie centrale

Circonstances d'apparition : en amplitude maximale disponible de flexion.

Origine : défaut de glissement postérieur du tibia sous le fémur lors de la flexion.

L'origine est confirmée par une manœuvre de glissement postérieur du tibia assez intense qui atténue ou fait disparaître la douleur.

Attitude thérapeutique : mobilisation spécifique de flexion du genou avec glissement postérieur.

*
* *

2. Tendons ischio-jambiers internes et/ou externes

Circonstances d'apparition :

– lors de la récupération de la flexion par contraction active des ischio-jambiers ;
– pendant la phase de non-appui par maintien permanent de la flexion du genou sans attelle ;
– rarement lors du renforcement musculaire des fléchisseurs.

Origine : tendinite.

Attitude thérapeutique :

– non-sollicitation en rééducation pendant quelques jours puis reprise avec précaution ;
– traitement anti-inflammatoire local.

*
* *

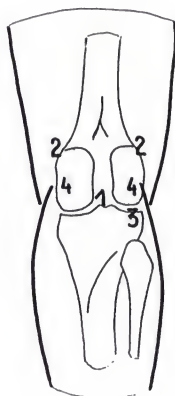


FIG. 7-2. *Localisations douloureuses à la face postérieure.*

3. Interligne articulaire latéral, descendant sur quelques centimètres sur la face postéro-latérale de la jambe

Circonstances d'apparition : lors des mouvements actifs ou passifs simples de flexion limitant la récupération de celle-ci.

Origine : défaut de mobilité du compartiment latéral entraînant une malposition du condyle latéral avec le plateau tibial latéral.

La confirmation peut être obtenue, si la restriction est peu importante, par des manœuvres manuelles rotatoires d'accompagnement à la flexion.

Attitude thérapeutique : mobilisations spécifiques rotatoires le plus souvent internes mais détermination de l'action rotatoire suivant les essais en rotation interne ou externe. Les mobilisations manuelles se font spécifiquement dans la composante rotatoire déficitaire puis accompagnent la flexion.

Commentaire : il s'agit d'une situation fréquemment rencontrée sur la plastie extra-articulaire de Lemaire lorsqu'elle est pratiquée seule car elle est souvent mise en place sur un genou en rotation externe pour anticiper la détente ultérieure.

*
* *

4. Coques condyliennes médiale et latérale

Circonstances d'apparition : lors de la mise en extension maximale.

Origine : rétraction des coques condyliennes par maintien artificiel du flexum (absence prolongée de mobilisation en extension, talonnettes).

Attitude thérapeutique : (voir chapitre 3 : « Récupération de l'extension (indications, modalités) ».

Face latérale (fig. 7-3)

1. Fascia lata au-dessus de l'interligne articulaire le plus souvent

Circonstances d'apparition : marche et spontanée.

Origine :

– Tension du fascia lata sur la zone de fermeture de la voie d'abord externe ;
– conflit de frottement avec agrafe ou vis de fixation.

Attitude thérapeutique :

– prévenir les rétractions de la chaîne musculaire latérale.
– prévenir une rétraction latérale du plan latéro-patellaire.

Commentaire : très rarement, une hernie du vaste latéral peut apparaître par lâchage d'un point de suture du fascia lata ou entre deux points trop espacés. La hernie est alors palpable sur une contraction du vaste latéral.

*
* *

2. Articulation tibio-fibulaire supérieure

Circonstances d'apparition : à la flexion passive ou active (limitant celle-ci).

Origine :

– malposition de l'articulation tibio-fibulaire supérieure par modification des tensions des parties molles périarticulaires ;
– l'apparition de la douleur s'accompagne généralement d'une projection en regard du corps musculaire du long péronier. La mobilisation passive de la malléole latérale est souvent également douloureuse.



FIG. 7-3. *Localisations douloureuses à la face latérale.*

Attitude thérapeutique :
– mobilisation des articulations tibio-fibulaires en respectant le plan de glissement de l'articulation supérieure ;
– maintien des positions extrêmes de mobilisation pour étirer les parties molles ;
– physiothérapie fibrolytique périarticulaire supérieure.

*

* *

3. Tendon poplité. Juste au-dessus de l'interligne articulaire et en arrière de la verticale passant par l'épicondyle latéral (tubercule condylien externe)

Circonstances d'apparition : douleur postéro-latérale en situation fonctionnelle en chaîne fermée, quelquefois également en extension totale en chaîne ouverte.

Origine :
– tendinite du poplité par lésions concomitantes des formations postéro-latérales et du LCA ou par réaction à la modification de la cinétique du compartiment latéral ;
– la confirmation est obtenue par la palpation très précise du tendon poplité qui déclenche électivement la douleur.

Attitude thérapeutique :

– physiothérapie par ultrasons en émission pulsée sur le tendon (de préférence dans l'eau, au bord de la piscine pour une meilleure incidence du flux ultra-sonique) ;
– arrêt ou nette diminution des activités physiques.

Face médiale

Les causes méniscales, cartilagineuses et ligamentaires médiales étant exclues de ce répertoire, la chirurgie ligamentaire du LCA n'entraîne pas de localisations douloureuses propres sur la face médiale. Seule une algodystophie très localisée peut être en relation avec une douleur médiale dans ce contexte chirurgical.

On peut évoquer sur des plasties extra-articulaires trop serrées des phénomènes de décompensation du compartiment médial se traduisant par des douleurs en regard de l'interligne articulaire.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Barrois B., Ribinix N., Mane M. — Rééducation et kinésithérapie dans le traitement des algodystrophies. Éditions techniques. *Encycl. Méd. Chir.* (Paris-France). *Kinésithérapie rééducation fonctionnelle*, 26-293-A-10, 1995, 6 p.

[2] Chassaing V., Perraudin J.E., Parier J., Lucas D. — Complications des ligamentoplasties : raideurs, syndrome du cyclope. *J. Traumatol. Sport*, 1995, 29-32.

[3] Djian P., Christel P., Roger B., Witvoet J. — Évaluation radiologique et IRM des ligamentoplasties intra-articulaires utilisant le tendon rotulien. *Revue de chirurgie orthopédique*, 1994, *80*, 403-412.

[4] Jackson D.W., Schaffer R.K. — Cyclops syndrome : loss of extension following intra-articular cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*, 1990, *6*, 171-178.

[5] O'Connor J. *et al.* — *Geometry of the knee in knee ligaments*, Raven Press, New York, 1990.

[6] Tayot O., Ait Si Selmi T. — *Les raideurs du genou après greffe du LCA.* 8e Journées lyonnaises de chirurgie du genou, 1995.

8 ÉVALUATION DU GENOU LIGAMENTAIRE EN RÉÉDUCATION

Les évaluations des capacités articulaires, musculaires et fonctionnelles constituent des points de repères importants dans l'évolution de la rééducation du genou.

Elles prennent ainsi une part importante dans le passage des phases successives de rééducation et de reprise des activités physiques et sportives.

La codification et la communication des différentes évaluations sont la base d'une coordination efficace entre rééducateurs et chirurgiens, favorisant le suivi des patients et l'appréciation des résultats.

Évaluation fonctionnelle

L'évaluation fonctionnelle de la chirurgie du genou est appréciée selon différents critères dont le nombre varie avec les auteurs (de 4 à 11), mais dont quatre sont constamment retrouvés : stabilité, indolence, niveau d'activité sportive et reprise du travail, mobilité.

Les principales grilles d'évaluation (ARPEGE, Noyes, Lysholm, Hughston, Zarins, Pommeret…) [1, 5, 6, 9, 10, 11, 14] permettent une appréciation plus ou moins fine avec une certaine distorsion dans les résultats. Elles ont des cotations différentes et complémentaires traduisant les résultats à des périodes de réadaptation différentes. Leurs résultats varient évidemment suivant le choix des critères d'appréciation et la valeur des points qui y sont affectés.

Pour notre part, afin de tester la fonctionnalité avec une approche plus « analytique » et, éventuellement, en cas de déficit d'une fonction de mieux orienter le patient vers un complément d'auto-rééducation, nous utilisons le test du tableau 8-I. Ce test est habituellement pratiqué avant la reprise sportive intensive (du sixième au huitième mois postopératoire).

La vérification des principaux programmes moteurs du genou permet une approche précise des retards d'évolution ou des séquelles du traumatisme et de leur traitement.

Ainsi ce test révèle assez fréquemment une péjoration du résultat fonctionnel général par simple appréhension du patient. La mise en situation contrôlée et surveillée par le rééducateur suffit souvent à lever cette inhibition et permet la mise en confiance du patient. L'augmentation rapide du score en découle et la reprise totale des activités sportives se trouve dès lors facilitée.

Tableau 8-I. *Codification fonctionnelle de reprise des activités sportives (COFRAS)*

A. Course

0 : impossible
1 : inférieure ou égale à 500 m
2 : supérieure à 500 m
3 : accélération possible
4 : décélération possible

NOM :
Prénoms :
Date du test :
Date opération :

B. Impulsions monopodales

0 : impossible
1 : sur place, moins de 10
2 : sur place, plus de 10
3 : sur 10 mètres de longueur
4 : qualité sur 10 m équivalente au côté sain

C. Impulsions monopodales latérales

0 : impossible
1 : 5 m à droite et 5 m à gauche
2 : slalom sur 5 m (espacement latéral des sauts : 50 cm)
3 : 5 m à D et à G avec qualité équivalente au côté sain
4 : slalom sur 5 m avec qualité équivalente au côté sain

D. Escaliers

0 : marche par marche
1 : montée deux par deux
2 ; montée en courant deux par deux
3 : descente deux par deux
4 : aucune gène

E. Pivot rotation extérieure (testing des freins de la RI)

0 : impossible
1 : saut avec quart de tour
2 : saut avec demi-tour
3 : qualité équivalente au côté sain

F. Pivot rotation intérieure (testing des freins de la RE)

0 : impossible
1 : saut avec quart de tour
2 : saut avec demi-tour
3 : qualité équivalente au côté sain

G. Réception monopodale

0 : impossible
1 : réception depuis 1 marche d'escalier
2 : réception depuis 2 marches d'escalier
3 : 1 marche avec qualité équivalente au côté sain
4 : 2 marches avec qualité équivalente au côté sain

H. Accroupissement monopodal

0 : impossible
1 : moins de 10 à 45°
2 : supérieur ou égal à 10 à 45°
3 : supérieur ou égal à 10 à 90°
4 : qualité équivalente au côté sain

TOTAL GÉNÉRAL : /30

Ce test est accompagné d'une évaluation de la douleur séquellaire selon le tableau 8-II et d'une cotation subjective de la globalité du résultat sur 10 points.

Tableau 8-II. *Cotation du résultat en fonction de la douleur*

Commencer le questionnaire par la fin et valider la cotation la plus faible.			
0 :	Douleur permanente	O [ ]	N [ ]
1 :	Douleur systématique lors d'efforts mineurs	O [ ]	N [ ]
2 :	Douleur intermittente lors d'effort mineur (type marche)	O [ ]	N [ ]
3 :	Mise à genou douloureuse et impossible lors des activités professionnelles ou sportives	O [ ]	N [ ]
4 :	Douleur systématique seulement lors d'effort important (type montée d'escaliers)	O [ ]	N [ ]
5 :	Douleur systématique lors d'au moins une pratique sportive	O [ ]	N [ ]
6 :	Douleur intermittente seulement lors d'efforts importants ou sportifs	O [ ]	N [ ]
7 :	Douleur barosensible systématique	O [ ]	N [ ]
8 :	Mise à genou légèrement sensible	O [ ]	N [ ]
9 :	Douleur barosensible par intermittence	O [ ]	N [ ]
10 :	Aucune douleur	O [ ]	N [ ]
TOTAL :	/10		

Évaluation musculaire

Tests des qualités contractiles. — Pratiqués dans un premier temps sous forme de contraction statique, ils permettent d'évaluer à environ un mois postopératoire le déficit musculaire statique (*cf.* chapitre « Récupération musculaire ») et de suivre l'évolution de la force statique.

Secondairement, les tests isocinétiques évaluent la capacité contractile dynamique (*cf.* chapitre 4 « Isocinétique »)

Volume musculaire. — Le volume musculaire fémoral et jambier est évalué par *périmétrie*. Celle-ci doit toujours être bilatérale à chaque mesure pour tenir compte des fluctuations liées à la circulation sanguine et lymphatique. Elle est pratiquée à partir d'un repère osseux facilement identifiable (en général le bord supérieur de la patella) et de manière étagée pour prendre en compte les volumes du genou, du vaste médial, des vastes médial et latéral, des vastes, du droit de la cuisse, des ischio-jambiers, et enfin intégrer les adducteurs.

Évaluation articulaire

La goniométrie du genou selon les normes habituelles (repères grand trochanter-épicondyle latéral-malléole latérale) permet une évaluation articulaire angulaire de la flexion et de l'extension.

L'évaluation centimétrique de la flexion par la mesure talon-fesse permet à partir de 130° une appréciation plus précise de l'évolution de la flexion.

L'évaluation de l'extension peut également faire l'objet d'une appréciation centimétrique (fig. 8-1 et 8-2) [7]. Très précise, cette technique permet de suivre avec finesse l'évolution d'un flexum du genou et trouve une indication privilégiée dans le suivi des « cyclops syndrome » par exemple.

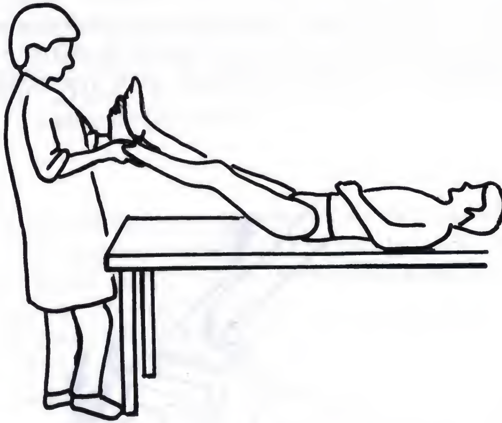


FIG. 8-1. *Position du patient et du praticien pour l'évaluation centimétrique du flexum du genou.*

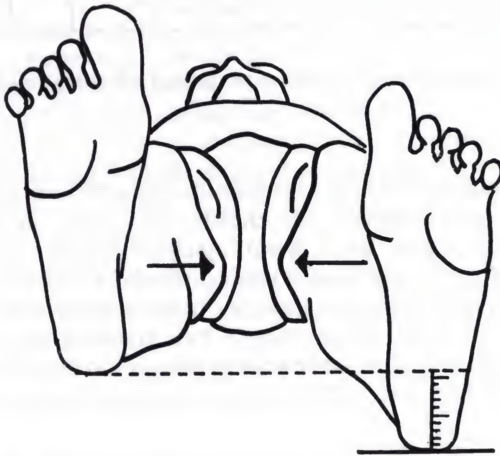


FIG. 8-2. *Mise en concordance des épicondyles médiaux et mesure de la différence de hauteur plantaire.*

Évaluation laximétrique

L'appréciation préopératoire et postopératoire retardée du déplacement antéro-postérieur et de l'articulation fémoro-tibiale en valgus-varus permet une approche quantifiée de la laxité capsulo-ligamentaire. Cette évaluation fait appel à des méthodes radiologiques ou instrumentales.

La *mesure* purement instrumentale est faite par un *arthromètre* dont le plus connu est le KT 1000. Par un jeu de sangles solidarisant l'appareil au membre, on applique des contraintes standardisées et on mesure la laxité obtenue sous l'effet de ces contraintes (fig. 8-3). Le test est comparatif et demande une certaine habitude pour reproduire des données fiables.

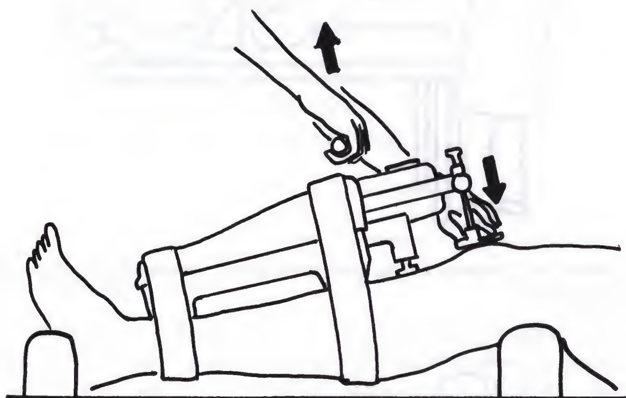


Fig. 8-3. *Test laximétrique instrumental par arthromètre KT 1000.*

La mesure radiologique sous contraintes manuelles est évidemment très subjective; on lui préfère les clichés avec relais instrumental. Les systèmes type Telos avec appui dynamométrique et contre-appuis s'interposant avec l'articulation fémoro-tibiale [13] permettent d'obtenir des clichés radiographiques dans les plans sagittal (tiroir antérieur et postérieur) et frontal (valgus-varus). Les systèmes de gouttières avec poids fixés par sangle au-dessus du genou ou par chevillère au pied [8] permettent de faire des clichés dits en « Lachman radiologiques » passif ou actif.

Le cliché de profil en appui monopodal simple à 30° de flexion [2] ou en contraction quadricipitale statique soutenue [4] est de réalisation simple et déterminant pour l'évaluation du glissement antéro-postérieur.

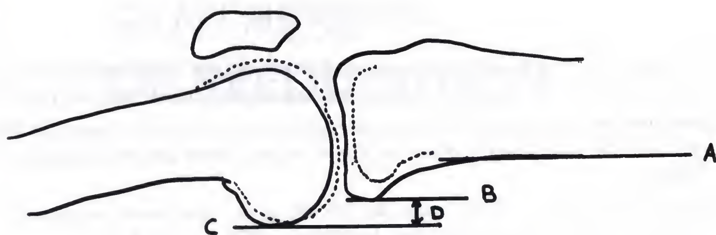


Fig. 8-4. *Cliché radiographique de profil pour la mesure du tiroir antérieur.* La direction de référence est donnée par la ligne A tracée sur la corticale postérieure du tibia. La ligne B, parallèle à la ligne A, est tangente au bord postérieur du plateau médial. La ligne C est tangente au condyle médial. Le tiroir est mesuré par la distance D séparant les lignes B et C.

Tous ces clichés, toujours comparatifs, mettent en évidence l'insuffisance du LCA et des formations périphériques dans la laxité ligamentaire antérieure. Une rupture du LCA avec des formations périphériques intactes (en particulier, la corne postérieure du ménisque médial et les formations postéro-médiales) n'entraîne qu'un tiroir modéré. Ces clichés renseignent également sur la valeur de la pente tibiale dont toute augmentation favorise le tiroir antérieur.

Leur réalisation en préopératoire conditionne la précocité relative ou non de l'appui monopodal (rééducation proprioceptive, montée et descente d'escaliers...). Ces clichés ont également une valeur pronostique pour un traitement orthopédique par exemple.

Les repères et les mesures radiologiques [7] sont effectués sur un cliché en profil strict avec superposition des bords postérieurs des deux condyles (fig. 8-4). Le compartiment médial dit de stabilité est l'élément de référence. Il est repéré au niveau du condyle par sa taille plus petite, son encoche moins marquée et plus antérieure sur le déroulé du pourtour inférieur du condyle et enfin par le tubercule de l'adducteur. Le plateau tibial médial présente un bord postérieur plus anguleux.

BIBLIOGRAPHIE

[1]AUBRIOT J.H. — Évaluation fonctionnelle des résultats de la chirurgie du genou. *In : Pathologie du genou de l'adulte.* Expansion scientifique française, Paris, 1987.

[2]BONNIN M. — *La subluxation tibiale antérieure en appui monopodal dans les ruptures du LCA. Étude clinique et biomécanique.* Thèse doctorat médecine, Lyon, 1990.

[3] CHATRENET Y. — Évaluation du flexum et du recurvatum du genou par la méthode dite centimétrique. *Ann. Kinésithér.*, 1994, *21*, 417-418.

[4] CHATRENET Y., LEMOINE J. — *L'appui monopodal en rééducation proprioceptive dans la chirurgie du LCA.* Journée de la société dauphinoise de médecine du sport. Grenoble, 1993.

[5] DEJOUR H. — Symposium sur les résultats du traitement du genou. Matériel d'étude et de méthodologie. *Rev. Chir. Orthop.*, 1983, *69*, 255-257.

[6] HUGSTON J.C., BARETT G.R. — Acute anteromedial rotary instability. *JBJS*, 1983, *65*, 145-153.

[7] JACOBSEN K. — Stress radiographical measurement of anteroposterior, médial and lateral stability of knee joint. *Acta Orthop. Scand.*, 1976, *47*, 335-344.

[8] LERAT J.L., MOYEN B. — *Mesures radiologiques et instrumentales de la laxité antéro-postérieure du genou.* 33e Congrès national médical de la fédération française de football, 1987.

[9] MERRIEN Y., FERRO R.M., BAHUAUD J., RICHARD M. — Étude critique des fiches d'évaluation fonctionnelle du genou. *In : Les laxites chroniques du genou.* Masson, Paris, 1984.

[10] NOYES F.R., MACGINNIS G.H. — Controversy about treatement of the knee with anterior cruciate laxity. *Clin. Orthop.*, 1985, *198*, 61-76.

[11] NOYES F.R., MATTHEWS D.S., DOOAR P.A., GROOD E.S. — The symptomatic anterior cruciate deficient knee. *JBJS*, 1983, *65*, 163-174.

[12] TEGNER Y., LYSHOLM J. — Rating systems in the evaluation of knee ligaments injuries. *Clin. Orthop.*, 1985, *198*, 43-49.

[13] STAUBLI H.U. — Stressradiography. Measurements of knee motion limits. *In : Knee ligaments*, Raven Press, New York, 1990.

[14] ZARINS B., ROWE C.R. — Commined anterior cruciate ligament reconstruction using semitendinosus tendon and iliotibial tract. *JBJS*, 1986, *68*, 160-177.

9 SYNTHÈSE DE RÉÉDUCATION

La multiplicité des associations lésionnelles ligamentaires ne nous permet pas d'envisager un schéma de rééducation pour chacune d'elles. Les gestes de rééducation sont avant tout dictés par leur incidence biomécanique sur la lésion et sa réparation. Nous ne développerons que les plus fréquemment rencontrées.

La lecture préalable des chapitres :

– les ligaments du genou, valeur du transplant en particulier du LCA ;
– récupération articulaire suivant les différentes lésions ;
– récupération musculaire, éléments biomécaniques et techniques ;

est indispensable à la compréhension de ce chapitre.

LIGAMENT CROISÉ ANTÉRIEUR

La variété des situations pathologiques au regard du nombre important de critères influençant l'indication et l'application chronologique des techniques de rééducation, nous amène à éliminer la notion de protocole. Nous préférons retenir des principes directeurs liés à des points clés de l'évolution. Indépendamment de toute considération théorique non adaptée, la validation de ces points clés permet le passage à la phase suivante.

Rappel des principales techniques chirurgicales

Plasties intra-articulaires

❐ Plastie intra-articulaire os-tendon patellaire-os (Kenneth-Jones modifié)

Le prélèvement est effectué généralement sur le tiers central du tendon patellaire prolongé de part et d'autre d'une barrette osseuse patellaire et d'une autre tibiale sur la tubérosité tibiale antérieure (TTA). Le prélèvement ainsi obtenu dit *transplant libre* est fixé en lieu et place du LCA à travers un tunnel tibial percé à partir de la face antéro-médial du tibia et un tunnel condylien latéral correspondant aux zones d'insertions du LCA.

La zone de prélèvement (tendon patellaire) est en général comblée par une néoformation de tissu tendineux jeune permettant une sollicitation normale de l'appareil extenseur [3].

Le passage intra-articulaire du transplant peut être contrôlé sous arthroscopie ou par chirurgie à ciel ouvert sans différence fondamentale dans les suites rééducatives. Les suites immédiates (premier mois) sont plus faciles sous arthroscopie mais ensuite les deux techniques donnent une évolution équivalente.

Le transplant peut également être renforcé par un tissu synthétique, ce qui n'influence que très modérément les suites immédiates et ne modifie pas à moyen et à long terme la reprise des activités physiques et sportives.

Les variantes chirurgicales portant sur la réalisation d'un tunnel condylien borgne et sur les différents modes de fixation du transplant, n'ont pas d'incidence sur la rééducation.

L'utilisation d'allogreffes est encore très limitée.

❐ Plastie tendineuse de la patte d'oie (CHO)

Ténodèse pure, cette technique utilise le semi-tendineux et/ou le gracile qui restent pédiculés sur le tibia; le tendon remonte à travers un tunnel tibial pour suivre le trajet du LCA.

Rarement utilisée, elle trouve son indication uniquement par contre-indication des autres sources néoligamentaires. Contrairement à la précédente, elle ne fournit pas de contact os-os favorisant l'ancrage primaire de la plastie.

Son utilisation la plus fréquente est son rôle de tuteur dans la suture du LCA.

❐ Prothèse ligamentaire

Malgré sa grande vogue dans les années 80, la prothèse ligamentaire répondant aux critères biomécaniques de solidité et d'extensibilité, et de biocompatibilité totale n'existe pas. Les échecs en termes de ruptures et de synovites réactionnelles ont réduit les indications à de très rares cas d'impossibilité de prélèvement tendineux (reprise de ligamentoplastie naturelle).

Il est évident que la rééducation est ici considérablement simplifiée par l'absence de prélèvement et par la rapidité de fixation des ancrages primaires et secondaires permettant la reprise des activités physiques et sportives précoce (totale à 3 mois) [1].

❐ Réimplantation d'une rupture fraîche

En présence d'une rupture fraîche, la suture du corps ligamentaire est abandonnée car généralement vouée à l'échec. Au mieux, elle peut être effectuée et accompagnée d'une plastie de renforcement selon les techniques habituelles de laxité chronique. Sinon les fragments restants de LCA sont enlevés pour laisser place à la ligamentoplastie d'emblée.

Seules les ruptures aux insertions avec arrachement osseux bénéficient d'une réimplantation

Plasties extra-articulaires (Lemaire)

A visée fonctionnelle, elles cherchent à stabiliser le condyle latéral sur le plateau tibial latéral en évitant les ressauts rotatoires; elles ne restituent pas l'anatomie du LCA.

La plastie de Lemaire est réalisée à partir du fascia lata dont une partie reste attachée sur le tubercule de Gerdy tandis que l'autre est fixée par un tunnel extra-articulaire sur la face latérale, du condyle latéral en arrière de l'insertion haute du LCL; elle solidarise le condyle latéral au tubercule de Gerdy.

Cette intervention extra-articulaire présente des suites plus rapides que les plasties intra-articulaires et mixtes.

Elle accompagne quelquefois une plastie intra-articulaire pour mieux stabiliser le compartiment latéral en cas de forte décompensation.

Plasties mixtes (MacIntosh fascia lata, Marschall-MacIntosh)

Deux sources tendineuses peuvent être sollicitées :

– soit le fascia lata : une longue bandelette restant pédiculée sur le tubercule de Gerdy, est prélevée et remontée sur la face latérale du condyle latéral, où elle prend «un effet Lemaire», comparable à une plastie extra-articulaire; puis elle est introduite dans l'articulation par un tunnel transcondylien latéral, suivant le trajet du LCA pour ressortir par un tunnel transtibial;

– soit l'appareil extenseur : un prélèvement sur le tendon patellaire — le surtout fibreux prépatellaire — tendon quadricipital (Marschall-MacIntosh). Le même trajet que précédemment, mais en sens inverse, est utilisé.

Le prélèvement sur l'appareil extenseur peut être libre pour faire parfaitement correspondre le surtout fibreux prépatellaire avec le tunnel transcondylien.

Ces plasties sont dites mixtes car elles associent au passage intra-articulaire du transplant le retour extra-articulaire sur le condylie latéral assurant un effet de stabilisation du compartiment latéral.

La reconstruction du fascia lata après prélèvement dans la plastie de MacIntosh fascia lata peut être faite par transposition de la cloison intermusculaire latérale (Jaeger).

Gestes associés

Le traitement des lésions périphériques, cartilagineuses et méniscales associé à une ligamentoplastie de LCA impose évidemment au rééducateur la prise en compte d'un cahier des charges très restrictif.

Le traitement d'une lésion du plan interne, qu'il soit orthopédique ou chirurgical, une ostéotomie de normo-correction du tibia ou une suture méniscale voire une plastie associée d'un point d'angle sont autant de gestes complémentaires qui modifie la chronologie de la rééducation en termes de remise en charge, de secteur de mobilité permis, de contraintes pouvant être imposées pour la récupération musculaire.

Points clés et principes directeurs

Rééducation des plasties intra-articulaires et mixtes

❐ Préopératoire

Sous-estimée par bon nombre d'équipes médico-chirurgicales, la prise en charge préopératoire nous semble aussi importante sur le plan physique que psychologique.

Sur le plan psychologique, il est nécessaire d'expliquer le principe de l'intervention, ses suites immédiates et lointaines. Établir en quelque sorte un contrat moral portant sur le respect du calendrier, les interdits pendant les mois postopératoires et tout simplement la mise en confiance du patient quant à sa prise en charge chirurgicale et rééducative.

Il s'agit d'un aspect humain banalisé par l'équipe médico-chirurgicale par la pratique quotidienne, mais extrêmement réconfortant pour le patient.

Plus facile à réaliser dans le cadre des laxités chronique que fraîches, l'investigation physique préopératoire repose sur l'examen clinique complet de toutes les structures ligamentaires du genou, sur l'étude radiographique de la laximétrie et de la pente tibiale — influençant le calendrier de la rééducation et de la reprise sportive —, sur la vérification des amplitudes articulaires, sur la description des douleurs qui permettra une comparaison avec des éventuelles douleurs postopératoires résiduelles, enfin sur la capacité musculaire statique ou isocinétique et sur la mesure des volumes musculaires. L'évaluation isocinétique préopératoire peut même prendre une valeur diagnostique pour certains [6].

D'une façon beaucoup plus pointue, la recherche de la fréquence optimale d'électrostimulation de recrutement du quadriceps, validée par des tests musculaires, peut être effectuée. La rééducation avec électrostimulation postopératoire précoce peut être dès ce moment préparée par la mise en place d'un stimulateur portable. Le patient est averti de la mise en place des électrodes, du fonctionnement et du réglage de l'appareil et surtout des sensations d'électrostimulation. Le réglage des cannes est également fait.

Les exercices de contractions statiques du quadriceps avec élévation de la rotule sont enseignés.

❐ Remise en charge et contention précoce

La remise en charge immédiate ou différée, au début avec l'aide de cannes puis en appui total, est conditionnée par :

– le réveil et la capacité contractile de stabilisation du quadriceps compris dans une fourchette extrême de 1 à 20 jours;
– l'état trophique et inflammatoire de la cavité articulaire. Un appui précoce sur un genou inflammatoire s'oppose à une résorption rapide de cet état. L'épanchement articulaire (hémarthrose ou hydarthrose) est une forme d'incompatibilité avec un appui précoce;
– le profil psychologique du patient.

Le critère mécanique essentiel s'opposant à l'appui, outre l'aspect inflammatoire, est le risque de sollicitation du transplant. Seules les contraintes rotatoires surtout en CCF menacent véritablement l'ancrage et l'intégrité du transplant. Les glissades avec ou sans cannes, ainsi que les situations de déséquilibre et leur récupération sont donc dangereuses. La marche en terrain plat et non glissant est sans danger véritable.

La mise en charge et le port d'une attelle dépendent de ces critères. Il apparaît donc souhaitable de protéger le patient dans un premier temps par le port d'une attelle et de cannes puis, progressivement, en fonction de la nature du sol, d'effectuer un sevrage progressif. Les éléments décisionnels pour la mise en charge, le port d'une attelle et des cannes doivent être communiqués au patient afin qu'il puisse comprendre leur nécessité et ainsi mieux collaborer ou même en assurer la gestion. Les délais habituellement retenus pour ce sevrage sont de 15 à 45 jours.

❒ **Mobilisation en flexion** (voir chapitre « Récupération articulaire »)

La mobilisation manuelle de la patella dès les premiers jours postopératoires ainsi qu'une mobilisation générale douce, en respectant la douleur et l'hypo-extensibilité cutanée liée à la fermeture des cicatrices, doivent être pratiquées. Le placement sur arthromoteur favorise l'assouplissement des tissus mais ne doit pas constituer le seul soin rééducatif immédiat.

A partir de l'ablation des fils, la récupération spontanée par contraction active ne doit pas être limitée en amplitude. Le placement isométrique du transplant et la faiblesse des contraintes dues à une flexion active simple du genou ne peuvent pas nuire à la qualité de régénération du transplant. Il en est différemment d'une mobilisation passive forcée immédiate qui doit être évitée.

Les micro-mobilisations fémoro-tibiales en glissements antéro-postérieurs et rotatoires pratiqués avec des prises proximales, juste en deçà de l'amplitude maximale de flexion, précèdent la flexion active. Les mobilisations spécifiques en rotation interne forcée ainsi qu'en tiroir antérieur sont formellement contre-indiquées.

Rappelons la diversité des rythmes de récupération des amplitudes de flexion et le repère de 90° à 45 jours qui constitue une limite extrême de lenteur de récupération.

La récupération progressive des amplitudes, au cours des semaines postopératoires, permet une récupération quasi intégrale à l'issue de la

rééducation sans qu'il soit possible systématiquement d'atteindre le contact talon-fesse.

❒ **Mobilisation en extension** (voir chapitre « Récupération articulaire »)

Le respect ou non d'un flexum est avant tout dicté par le positionnement du transplant et le risque de conflit avec le bord antérieur de l'échancrure (*cf.* p. 26).

En absence de risque, la mobilisation jusqu'à 0° est possible. La récupération d'un éventuel récurvatum n'est pas recherchée.

S'il y a risque de conflit, aucune mobilisation passive durant les 45 premiers jours n'est faite puis elles sont reprises de manière progressive.

❒ **Récupération musculaire et reprise sportive**

La récupération musculaire s'appuie sur les principes développés dans le chapitre Récupération musculaire tant en CCO qu'en CCF.

Le tableau 9-I résume à titre indicatif, les points fondamentaux de la rééducation du quadriceps et la remise en situation sportive.

Concernant les muscles ischio-jambiers, leur remise en activité débute très précocement par la flexion active du genou ; puis ils peuvent être sollicités également précocement (environ au 15e jour) contre résistance en statique puis en excentrique dans leur composante sagittale de mouvement. Simultanément, les composantes rotatoires statiques, en position 0 pour la rotation interne et dans tous les secteurs angulaires pour la rotation externe (à déterminer suivant l'état du PAPE), sont travaillées.

Leur intégration dans la chaîne d'extension en CCF développe la capacité de co-contraction de protection du transplant.

Le travail musculaire des ischio-jambiers est sans retentissement articulaire fémoro-tibial ou fémoro-patellaire. Tout au plus, une inflammation tendineuse peut apparaître pendant quelques jours, vite résorbée par arrêt du travail.

Le triceps sural fait l'objet d'un entraînement spécifique par flexion plantaire en charge, genou rigidifié. Les autres muscles sont rééduqués globalement par le travail en CCF à visée proprioceptive.

Les techniques de récupération musculaire, leurs délais d'application post-opératoires sont très largement tributaires de l'évolution (inflammation, douleurs, AND…) et des lésions associées (environnement ligamentaire périphérique, ménisques, cartilage patellaire et fémoro-tibial). De ce fait, les protocoles standardisés n'ont que peu de valeur.

Rééducation des plasties extra-articulaires

Les principes de rééducation articulaires sont superposables à ceux des plasties extra-articulaires pour la récupération de la flexion. L'extension

Tableau 9-I

Mois postopératoires 0	1	2 3 4	5 6 7 8 9 10
Objectifs	– Levée de sidération – Tonification sans R	– Développement du potentiel musculaire – Connexion avec les activités quotidiennes sédentaires	– Reprise progressive des activités sportives – Complément de développement du potentiel musculaire – Vérification de l'extensibilité
Contre-indications	– Travail contre R – Travail dynamique	– Renforcement avec charges distales – Travail douloureux – Intensité et rythme élevés si inflammation ou AND – Appui monopodal (CCF) dans certains cas	– Sport et pivot (reprise progressive au minimum à 6 mois) – Activité sportive douloureuse
Techniques	– Techniques manuelles de levée de sidération – ESM de recrutement – ESM lutte contre amyotrophie – Électro-myo-feedback	– Renforcement statique puis dynamique concentrique – Travail en CCO (début suivant état inflammatoire) – Travail en CCF (leg-press et bipodal précoce monopodal retardé) – Proprioception limitée – Bicyclette - Natation (crawl) - Marche (terrain non accidenté)	– Isocinétisme – Pliométrie – Footing à partir de 4 mois – Football progressif à partir de 6 mois – Ski : 8 mois

est immédiatement recherchée pour ne pas laisser s'installer un flexum. La plastie corrigeant l'excès de rotation interne, il est souhaitable de ne pas rechercher une amplitude maximale de rotation interne pour ne pas diminuer l'effet de la plastie [9]. Sur le plan musculaire, le but de la plastie n'étant pas de corriger le tiroir antérieur mais l'instabilité fonctionnelle, les précautions biomécaniques de rééducation du LCA sont maintenues pour la récupération du quadriceps afin de ne pas solliciter excessivement les formations périphériques.

Sur le plan fonctionnel, la remise en charge est en général précoce (d'immédiate à trois semaines). La reprise des activités en CCF avec contraintes rotatoires est effectuée progressivement à partir de 45 jours pour permettre une reprise sportive à 4 mois.

Rééducation traitement orthopédique

Les principes de la rééducation articulaire sont mentionnés dans le chapitre 2 (p. 26).

La récupération musculaire est débutée dès la disparition des phénomènes trophiques et inflammatoires par un travail en CCF sollicitant le genou uniquement dans le plan sagittal avec une flexion des genoux et du tronc (duck-standing) et les ischio-jambiers en rappel tibial postérieur.

Les sports à faible sollicitation rotatoire (bicyclette, crawl, footing en terrain plat) sont débutés à 75 jours. Les sports à pivot à partir du quatrième mois.

Le port d'une orthèse peut être discuté (*cf.* chapitre 6 « Orthèses »).

LIGAMENT CROISÉ POSTÉRIEUR

Les techniques chirurgicales font largement appel au transplant libre prélevé aux dépens de l'appareil extenseur.

Le traitement conservateur est toujours dépendant de l'environnement ligamentaire périphérique, en particulier des formations postéro-latérales. L'état de l'articulation fémoro-patellaire est également déterminant.

Les principes de la rééducation et réadaptation sont superposables à ceux du LCA en évitant toute manœuvre ayant une incidence de tiroir postérieur, de rotation interne (enroulement du transplant avec le LCA) et de rotation externe s'il y a association des formations postéro-latérales. Les manœuvres induisant un varus seront surtout préjudiciables si les formations postéro-latérales sont atteintes.

La récupération articulaire respecte les principes énoncés dans les tableaux 2-I et 2-II.

La récupération musculaire est basée sur un développement précoce et intensif du quadriceps avec charges distales. L'utilisation de la CCO est dès lors non controversée. Le renforcement dynamique sera attentif à l'état et à la réaction de l'articulation fémoro-patellaire davantage sollicitée.

LIGAMENT COLLATÉRAL MÉDIAL

Le traitement dépend des trois stades lésionnels classiquement décrits.

❐ Stade 1

Défini comme une simple distension ligamentaire, ce stade est caractérisé par l'absence de laxité en valgus et la présence d'une douleur. La marche est généralement possible avec un flexum. La restriction de mobilité définit la localisation antérieure ou postérieure des fibres atteintes (l'atteinte des fibres antérieures limite la flexion, l'atteinte des fibres postérieures limite l'extension).

La rééducation se limite à la pose d'une contention adhésive ou d'une orthèse (voir chapitre « Orthèses »). L'électrophysiothérapie se limite à une application d'ondes courtes athermiques s'il y a une contention adhésive, sinon à des ionisations à visée anti-inflammatoire. La rééducation musculaire est en général inutile.

La reprise sportive est déterminée par l'évolution fonctionnelle du genou. Elle se fait entre 10 et 21 jours en sachant que le traitement initial d'une entorse est le meilleur garant de récidive.

❐ Stade 2

Fréquemment accompagné d'un craquement lors du traumatisme, ce stade est caractérisé par une faible laxité en valgus en légère flexion. La marche est douloureuse, effectuée sur la pointe du pied. Le genou présente une douleur interne et un épanchement.

Le genou est immobilisé de façon relative pour éviter une évolution vers l'enraidissement. Cette immobilisation est faite soit par une genouillère articulée dans un secteur de 20 à 70°, soit par une attelle rigide amovible retirée pendant les séances de rééducation ; la déambulation se fait avec des cannes. L'immobilisation est maintenue pendant 30 à 45 jours.

La rééducation permet de conserver une souplesse articulaire du secteur articulaire pour ne pas contrarier la cicatrisation ligamentaire.

L'électrophysiothérapie antalgique et anti-inflammatoire débute précocement.

Le réentraînement musculaire est pratiqué au début en CCO en intégrant l'activité des muscles rotateurs internes-valgisants (patte d'oie) dans une chaîne rotatoire du membre inférieur. L'utilisation d'une diagonale de

Kabat en schéma brisé ou en pivot d'insistance de genou est tout à fait indiquée.

L'entraînement est poursuivi en progression en CCF et associe toujours la rotation interne et le varus du genou ainsi que le freinage de la rotation externe et du valgus.

La reprise sportive, effectuée au minimum à 6 semaines, peut être protégée par une contention adhésive (voir chapitre «Orthèses») diminuant la mobilité en rotation externe [11].

- **Stade 3**

La rupture profonde du LCM est l'élément significatif de ce stade. La laxité en valgus est nette en légère flexion; sa présence en extension signe une atteinte des formations postéro-médiales.

Autrefois chirurgical, le traitement est devenu orthopédique du fait de la bonne cicatrisation du plan interne donnant des résultats équivalents à ceux de la chirurgie. Celle-ci garde son indication dans les très grandes laxités et dans les associations avec le LCA.

L'immobilisation est plus stricte et plus longue que pour le stade 2 (45 jours). La reprise sportive est faite après deux mois.

La récupération articulaire reprend les principes décrits dans le chapitre correspondant.

La récupération musculaire reprend les éléments décrits pour le stade 2, en sachant que la durée de récupération est augmentée du fait de l'immobilisation plus marquée.

FORMATIONS POSTÉRO-LATÉRALES

La laxité postéro-latérale isolée est rare, d'évolutivité faible [7]; le plus souvent, elle est associée à une autre lésion ligamentaire ou méniscale entraînant une instabilité.

Il faut distinguer les atteintes par traumatisme lésionnel des atteintes iatrogènes générées dans le temps par une autre lésion ligamentaire.

Le traitement est fonctionnel dans les instabilités mineures et indolores sans répercussion sportive, ou chirurgical.

La chirurgie des instabilités postéro-latérales est une chirurgie difficile faisant dire à Imbert «... que la chirurgie postéro-externe ne supporte pas la médiocrité, et que l'instabilité et l'arthrose après échec chirurgical sont souvent plus graves que bien des évolutions naturelles». Les techniques chirurgicales reposent sur l'utilisation d'autotransplants du fascia lata (plasties de Jaeger type 1 et 2), quelquefois renforcés, du biceps fémoral (plastie du petit poplité de Bousquet), du tendon patellaire (plastie en X de Bousquet), du tendon patellaire et quadricipital (plastie du grand poplité

ou plastie en Y de Bousquet). Elles font appel également à des ostéotomies tibiales de valgisation ou de flexion, à des ostéotomies fibulaires (plastie d'abaissement de la tête du péroné) ou à l'association plastie plus ostéotomie [2, 4, 5, 8].

La rééducation des atteintes fonctionnelles fait appel aux techniques de restitution du potentiel musculaire des ischio-jambiers en rétablissant un ratio Q/IJ anormalement dévié dans les atteintes postéro-latérales.

L'utilisation du matériel d'évaluation et de renforcement isocinétique trouve ici une utilisation extrêmement pertinente [6, 12] (*cf.* chapitre 4 « Isocinétique »).

La reprogrammation sensori-motrice vise à renforcer les qualités contractiles de vigilance et de rapidité de mise en contraction des muscles biceps fémoral, poplité et fascia lata par un travail en appui monopodal sur un plan incliné à pente latérale. Les sollicitations sont rotatoires et médiales sur le genou pour renforcer la coaptation latérale.

La douleur est traitée par électrophysiothérapie, plus particulièrement par les ultrasons en milieu aquatique donnant généralement des résultats nets et rapides.

La rééducation postopératoire dépend évidemment des nombreux gestes chirurgicaux décrits ci-dessus. La mise en décharge avec protection amovible est à respecter pour préserver la plastie (jusqu'à 6 semaines) [10]. La récupération articulaire de l'extension est effectuée naturellement par l'activité du quadriceps. Les rotations sont contre-indiquées au moins pendant le premier mois en CCO et deux mois en CCF.

La récupération musculaire insiste surtout sur la récupération et le renforcement des fléchisseurs du genou. La reprise progressive du sport est autorisée à partir du troisième mois.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Chatrenet Y. *et al.* — Les instabilités antérieures du genou : les ligaments prothétiques. *Ann. Kinésithér.*, 1990, *17*, 179-180.

[2] Christel P., Witvoet J., Darman Z., Salengro S., Pasquier G. — Résultats du traitement chirurgical des laxites postéro-externes du genou, *J. Traumatol. Sport.*, 1994, *11*, 212-222.

[3] Dupont J.-Y., Bellier G., Houles J.-P., Texier J., Texier P., Mena-Dupont D. — Évolution du transplant rotulien après prélèvement pour reconstruction ligamentaire du genou. *J. Traumatol. Sport.*, 1993, *10*, 83-101.

[4] Farizon F., Cypres A., Fresard L., Bonnard O., Bauchu P., Bousquet G. — Traitement chirurgical des laxites chroniques postéro-externes du genou. *J. Traumatol. Sport.*, 1994, *11*, 205-211.

[5] Friederich N.F., Vuilleumier B., Muller W. — La reconstruction des lésions postérieures et postéro-externes du genou. *J. Traumatol. Sport.*, 1994, *11*, 223-229.

[6] Fossier E., Christel P., Djian P., Witwoet J. — L'évaluation instrumentale préopératoire des laxites antéro-postéro-externes. *J. Traumatol. Sport.*, 1994, *11*, 158-165.

[7] Imbert J.C. — Physiopathologie et évolution des laxites postéro-externes. *J. Traumatol. Sport.*, 1994, *11*, 149-152.

[8] Jaeger J.H., Balliet J.M., Schlatterer B., Hamdan M., Les diverses techniques chirurgicales dans le traitement des laxites postéro-externes du genou. *J. Traumatol. Sport.*, 1994, *11*, 197-204.

[9] Lemaire M. — Plastie antéro-externe de Lemaire. *In : Les instabilités antérieures chroniques du genou*, GERRF, 1986.

[10] Meyer-Fleck D., Jaeger J.H. — Traitement postopératoire et rééducation des instabilités postéro-externes du genou. *J. Traumatol. Sport.*, 1994, *11*, 230-231.

[11] Pierron G. — Conception biomécanique de la rééducation des lésions du plan interne. *In : Les lésions ligamentaires récentes.* Journées de médecine et rééducation de l'est parisien, 1992.

[12] Sabourin F., Rodineau J. — Place de la rééducation dans le traitement des laxites postéro-externes du genou. *J. Traumatol. Sport.*, 1994, *11*, 193-196.

INDEX

N

O

P

Q

R

S

T

ABRÉGÉS DE MÉDECINE

Accidents du travail et maladies professionnelles *Harlay*
Acupuncture *Borsarello,*
Alimentation du sujet âgé *Cuculi de Cléry, Kourdouly*
Alcoologie *Archambault, Chabaud*
Allergologie pratique *Perrin*
Anatomie cranio-faciale *Laison, Gaudy*
Anatomie dentaire *Lautrou*
Anatomie générale *Chevrel, Guérau* et al.
Anatomie pathologique générale *Jaubert*
Anatomo-pathologie dentaire *Kaqueler, Décombas*
Andrologie *de Tourris, Le Guillou* et al.
Anémies : notions fondamentales *Longpré, Schapcott*
Anesthésie en odonto-stomatologie *Machtens*
Anesthésie générale *Gauthier-Lafaye*
Anesthésie locorégionale, *d'Athis*
Angéiologie *Devulder*
Anglais médical *Mandelbrojt-Sweeney*
Anglais odonto-stomatologique *Jeandot, Wicker*
Anti-infectieux : règles pratiques d'utilisation *Neuman*
Antibiothérapie *Duval, Soussy*
Antibiothérapie en pratique clinique, *Bergogne-Bérézin, Dellamonica*
Associations et interactions des anti-infectieux *Neuman*
Attachements et prothèses composites *Martini*

Bactériologie bucco-dentaire *Mouton, Robert*
Bases physiques et évolution de l'imagerie radiologique *Giron, Joffre*
Biochimie et nutrition des activités physiques et sportives *Pilardeau*
Biochimie génétique et biologie moléculaire *Étienne*
Biochimie médicale *Boulanger, Polonovski* et al. *T. 1 et 2*
Biochimie odonto-stomatologique *Pellerin, Pellat*
Biologie animale et humaine - PCEM 1 *Lucotte*
Biologie cellulaire *Maillet*
Biologie du développement *Le Moigne*
Biomatériaux dentaires *Burdairon*
Biophysique *Bertrand, Ducassou, Healy* et al. *T. 1 et 2*
Biophysique des radiations et imagerie médicale *Dutreix, Desgrez* et al.
Biophysique du neurone *Burgeat, Kayser*
Biophysique *Galle, Paulin T. 1*
Biophysique odontologique *Bouchier, Pellerin* et al.
Brûlures *Echinard, Latarjet*

Cancérologie *Amiel, Rouëssé*
Cardiologie *Rullière*
Cardiologie clinique *Rutishauser*
Chimie générale *Germain, Mari*
Chimie organique *Loppinet*
Chimiothérapie psychiatrique *Ginestet, Péron-Magnan*
Chirurgie ambulatoire *Mansat, Banco*
Chirurgie digestive *Boissel*
Chirurgie esthétique plastique *Jost*
Cholestérol et athérosclérose *Luc, Lecerf* et al.
Composites *Roth*
Conduites d'urgence *Arcadio, Moulay* et al.
Criminologie clinique *Barte, Ostaptzeff*

Dentisterie conservatrice *Nitlich, Zeilig Vol. 1 et 2*
Déontologie médicale *Villey*
Dermato-allergologie de contact *Ducombs, Chabeau*
Dermatologie clinique et vénéréologie *Touraine, Revuz*
Dermatologie pédiatrique *Larrègue, Maleville*
Dermatologie professionnelle *Lachapelle*
Développement et maladies de l'enfant *Grenier, Gold*
Développement normal du nourrisson et ses variations *Flehmig*
Développement psychomoteur de l'enfant *Illingworth,*
Diabète et maladies métaboliques *Perlemuter, Collin de l'Hortet*
Diagnostic des douleurs abdominales aiguës *De Dombal*
Diagnostic différentiel en médecine interne *Ferlinz*
Diagnostic en parasitologie *Gentilini, Danis* et al.
Diagnostic prénatal et médecine fœtale *Henrion, Dumez* et al.
Dictionnaire des termes odonto-stomatologiques *Verchère, Budin* et al.
Dictionnaire médical *Manuila, Manuila* et al.
Diététique de l'enfant *André*
Diététique et nutrition *Apfelbaum, Forrat* et al.
Dommage corporel et expertise médicale *Creusot*

Échographie *Bonnin, Legmann*
Économie de la santé *Beresniak, Duru*
Économie du médicament *Tisseyre-Berry, Soucaret*
Éducation à domicile de l'enfant infirme moteur cérébral *Finnie*
Électromyographie clinique *de Bisschop, Dumoulin*
Embryologie clinique *Encha-Razavi, Escudier*
Embryologie médicale *Langman*
Endocrinologie *Hazard, Perlemuter*
Enfant normal *Illingworth*
Épilepsies *Thomas, Genton*
Épreuves fonctionnelles respiratoires *Brambilla*
Ergothérapie *Pierquin, André* et al.
Essais cliniques et thérapeutiques *Le Floch, Perlemuter*
Examen du traumatisé *Piganiol, Besnier*

Fœtus et nouveau-né de faible poids *Gold*
Formulaires administratifs, Certificats médicaux *Roure-Mariotti*

Gastro-entérologie *Fouet*
Génétique *Rossignol*
Génétique médicale *Emery*
Gériatrie clinique *Collin de l'Hortet*
Gestion du cabinet dentaire *Flandrin*
Gestion du cabinet médical *Robin*
Graphologie *Brésard*
Gynécologie *Giraud, Bremond* et al.
Gynécologie et obstétrique (illustré) *de Tourris, Henrion* et al.
Gynécologie pédiatrique *Sersiron*

Hématologie *Bernard, Lévy* et al.
Hépatologie *Buffet, Pelletier*
Histoire de la médecine *Rullière*
Histologie *Poirier, Ribadeau-Dumas* et al.
Histologie dentaire *Triller*
Homéopathie *Sarembaud*
Homme (l'), la société et la médecine *Lazorthes*
Hypertension artérielle : physiopathologie et pharmacologie *Delbarre, Delbarre*
Hypnose clinique *Hoareau*

Imagerie de l'appareil digestif *Régent, Schmutz, Genin*
Imagerie de la pathologie mammaire *Travade, Isnard, Gimbergues*
Imagerie du foie, des voies biliaires et du pancréas *Régent*
Imagerie du tube digestif et du péritoine *Régent, Schmutz, Genin*
Imagerie nucléaire fonctionnelle *Moretti, Rigo* et al.
Imagerie par résonance magnétique *Doyon, Cabanis* et al.
Immunogénétique fondamentale *Fudenberg, Pink* et al.
Immunologie dentaire *Faure, Béné* et al.
Immunologie générale *Letonturier*
Immunopathologie clinique *Perrin, Laurent*
Implantologie *Bert, Picard* et al.
Information (L') en médecine *Hoerni, Bénézech*
Informatique médicale *Degoulet, Fieschi*
Intoxications aiguës *Roujas, Sorkine*
Introduction à l'IRM *Guinet, Grellet*

Législation psychiatrique *Goumilloux*
Lésions cancéreuses et précancéreuses de la muqueuse buccale *Bertoin, Baudet-Pommel, Zattara, Gourmet*

Main (La) *Tubiana, Thomine*
Maîtrise de la contamination au cabinet dentaire *Samaranayake, Scheutz* et al.
Maladies des reins et des voies urinaires (illustré) *Patte*
Maladies infectieuses *Cronberg, Beytout*
Maladies inflammatoires *Hachulla, Flipo*
Maladies musculaires *Serratrice, Gastaut* et al.
Maladies parasitaires *Rousset*
Maladies sexuellement transmissibles *Siboulet, Coulaud*
Maladies transmises par voies sexuelles *Dolivo, Henry-Suchet* et al.
Maladies tropicales *Bourée*
Manipulations vertébrales *Le Corre, Rageot*
Mathématiques *Geller*
Médecine chinoise *Wang, Duhamel*
Médecine d'assurance *Barat*
Médecine de catastrophe *Noto, Huguenard* et al.
Médecine du sport *Brunet-Guedj, Moyen, Génėty* et al.
Médecine du travail *Dyevre, Léger, Proteau*
Médecine esthétique *Parienti*
Médecine interne *Devulder, Hatron* et al.
Médecine légale clinique *Roche, Do* et al.
Médecine nucléaire *Desgrez, Moretti, Robert, Vinot*
Médecine physique *Chantraine*
Médecine préventive et d'hygiène *Blancher*
Médecine psychosomatique *Haynal, Pasini*
Ménopause (La) *Taurelle, Tamborini*
Mésothérapie *Parienti*
Méthode statistique *Frontier*

Néonatologie *Laugier, Gold*
Néphrologie *Legrain, Suc*
Neuro-anatomie *Meininger*
Neuro-ophtalmologie *Larmande, Larmande*
Neuro-psychiatrie infantile *Debray-Ritzen, Messerschmitt* et al.
Neurologie *Cambier, Masson, Dehen*
Neurophysiologie générale *Limoge, Limoge-Lendais*
Neurotransmetteurs *Meunier, Shvaloff*
Nutrition et alimentation *Jacotot, Le Parco*

Obésité *Creff, Herschberg*
Odontologie gériatrique *Bates, Adams* et al.
Oncologie *Rouessé, Turpin*
Ophtalmologie *Saraux*
Orthopédie de l'adulte *Patel, Honnart*
Orthopédie dento-faciale *Benauwt, Klingler*
Orthopédie pédiatrique *Bensahel*
Oto-rhino-laryngologie *Portmann, Portmann*

Parasitologie clinique *Jacquemin, Jacquemin*
Parodontologie *Klewansky*
Pathologie infectieuse *Margairaz*
Pathologie médicale *Bouvenot, Devulder, Guillevin, Queneau, Schaeffer*
Pathologie médicale et odontologie *Cornebise*
Pathologie somatique du toxicomane *Pesce, Cassuto* et al.
Pédiatrie *Laplane, Etienne* et al.
Pédiatrie sociale *Creusot*

MASSON Éditeur
120, boulevard Saint-Germain
75280 Paris Cedex 06
Dépôt légal : juin 1996

Rééducation des lésions li[…] du genou chez le sportif



Y. CHATRENET / K. KERKOUR

L'ouvrage

- Les ligaments du genou : rappel des caractéristiques physiologiques et biomécaniques.
- Les techniques de récupération articulaire selon les lésions ligamentaires.
- La récupération du potentiel neuromusculaire, la rééducation proprioceptive et la reproduction sensori-motrice.
- Les méthodes d'évaluation de la rééducation : les appareils, les tests isocinétiques, les protocoles.
- Les adjuvants thérapeutiques : l'électrostimulation neuromusculaire, les orthèses de protection, les contentions.
- Les complications des ligamentoplasties au cours de la rééducation : le rôle du rééducateur dans la découverte des algodystrophies, du syndrome rotulien des localisations douloureuses.
- Des schémas de rééducation des lésions les plus fréquemment rencontrées, ligaments croisés antérieur et postérieur en particulier.

Le public

- Les kinésithérapeutes et les médecins de rééducation.
- Les médecins du sport.
- Les chirurgiens spécialistes de l'appareil locomoteur.

Les auteurs

Yves CHATRENET est moniteur cadre de massokinésithérapie, kinésithérapeute-chef du centre de Sancellemoz, France.
Khelaf KERKOUR est moniteur cadre de massokinésithérapie, physiothérapeute-chef de l'hôpital régional de Delémont, Suisse.

ISBN : 2-225-85115-8

